

ISSN 0032-874X

# ПРИРОДА

12-97



Главный редактор академик А.Ф.АНДРЕЕВ

Первый заместитель главного редактора А.В.БЯЛКО

Заместители главного редактора:

А.А.ГУРШТЕЙН (история естествознания),

А.А.КОМАР (физика),

А.К.СКВОРЦОВ (биология),

А.А.ЯРОШЕВСКИЙ (науки о Земле)

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Эхинокактус Грузона родом из Центральной Мексики. Этот кактус славится выносливостью к засухам — может обходиться без воды более года, известен как культовое растение ацтеков, а его мякоть используется в кондитерском производстве. См. в номере: **Хохряков А.П., Синев И.Е.** Знакомые и незнакомые суккуленты.

Фото И.Е.Синева

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Фрагмент цветной суперпанорамы марсианской поверхности в месте слияния крупнейшей долины Арес и Тиу. Здесь с 4 июля 1997 г. работает американский космический аппарат «Pathfinder». Снимок распространен через Интернет Лабораторией реактивного движения (НАСА). См. в номере: **Марченко А.Г.** История формирования устья долины Арес (Марс).



Издательство «Наука» РАН

© Российская академия наук,  
журнал «Природа», 1997

## В НОМЕРЕ

### 3 Сурдин В.Г. ПРОПУСК НА НЕБЕСА

В знаменитом московском Парке Горького можно приобрести сертификат за подписью космонавта № 2 Германа Титова, которым ранее безымянному небесному объекту присваивается любое имя — по желанию покупателя. Можно ли таким способом «попасть на небо»?

### 10 Академик Капица П.Л. СВОЙСТВА ЖИДКОГО ГЕЛИЯ

### 19 ОЧЕРКИ НАТУРАЛИСТА Калякин В.Н. МИР КРЕЧЕТА (Окончание)

### 33 Васильев А.Н. СПИН-ПАЙЕРЛС

Наблюдение спин-пайерлсовского перехода, крайне редкого физического явления — большая удача эксперимента. Отчетливо демонстрируют такой переход металлооксидные соединения  $\text{CuGeO}_3$  и  $\text{NaV}_2\text{O}_5$ , содержащие линейные цепочки полуцелочисленных спинов. Особенности формирования квантового основного состояния в низкоразмерных магнетиках сближают их со сверхпроводниками и сверхтекучими жидкостями.

### 44 Хохряков А.П., Синев И.Е. ЗНАКОМЫЕ И НЕЗНАКОМЫЕ СУККУЛЕНТЫ

Рассматривается новое определение суккулентного растения. Оно учитывает не только наличие водозапасающих тканей, как это традиционно принимается, но и особенности метаболизма.

### 57 Марченко А.Г. ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УСТЬЯ ДОЛИНЫ АРЕС (МАРС)

Древние долинные сети на Марсе могли возникнуть, когда на этой планете выпадали осадки, существовали океаны и, возможно, даже — жизнь. Однако молодые долины образовывались в условиях, близких к современным.

### 62 МЕДАЛИ «COMPUTER PIONEER» — РОССИЙСКИМ УЧЕНЫМ

**Сергей Алексеевич Лебедев**  
(2 ноября 1902 — 3 июля 1974)  
**Алексей Андреевич Ляпунов**  
(8 октября 1911 — 23 июня 1973)

### 68 ПРЕМИЯ «BLUE PLANET»

### 70 НОВОСТИ НАУКИ (43)

ОБЪЯВЛЕНИЕ (69)

### 80 РЕЦЕНЗИИ Каганов М.И. ПОРТРЕТ В ИНТЕРЬЕРЕ ИФП

### 83 ТЕМАТИЧЕСКИЙ И АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛИ ЖУРНАЛА «ПРИРОДА» 1997 ГОДА

### 96 ЛЮДМИЛА МИХАЙЛОВНА БОЯРСКАЯ

## CONTENTS

### **3 Surdin V.G.**

#### **A PASS TO THE HEAVENS**

*In the famous Gorky Park in Moscow, one can purchase a certificate signed by cosmonaut number two German Titov which allows the buyer to give a name of his choice to any celestial object yet unnamed. Is this really a way to the heavens?*

### **10 Academician P.L. Kapitza**

#### **PROPERTIES OF LIQUID HELIUM**

### **19 ESSAYS ON WILDLIFE**

#### **Kalyakin V.N.**

#### **MERLIN'S WORLD**

(concluded)

### **33 Vasilyev A.N.**

#### **SPIN-PEIERLS TRANSITION**

*The spin-Peierls transition is a physical phenomenon that is very difficult to observe. This transition is clearly seen in the metal-oxide compounds  $\text{CuGeO}_3$  and  $\text{NaV}_2\text{O}_5$ , containing linear chains of half-integral spins. The formation pattern of the ground quantum state in the low-dimensional magnetics is similar to that in superconductors and superfluids.*

### **44 Khokhryakov A.P. and Sinev I.E.**

#### **SUCCULENTS FAMILIAR AND UN-FAMILIAR**

*The authors examine a new definition of succulent plants, which incorporates not only the traditional requirement that they should have water-storing tissues, but also certain features of their metabolism.*

### **57 Marchenko A.G.**

#### **HISTORY OF THE MOUTH OF THE ARES VALLEY (MARS)**

*Ancient valley networks on Mars could have originated when this planet had atmospheric precipitation, oceans, and, possibly, even life. However, the young valleys formed under conditions similar to those existing at present.*

### **62 COMPUTER PIONEER MEDALS TO RUSSIAN SCIENTISTS**

#### **Sergel Alekseevich Lebedev**

(November 2 1902 — July 3 1974)

#### **Aleksei Andreevich Lyapunov**

(October 8 1911 — June 23 1973)

### **68 BLUE PLANET AWARDS**

### **74 SCIENCE NEWS (43)**

ADVERTISEMENT (69)

### **80 BOOK REVIEWS**

#### **Kaganov M.I.**

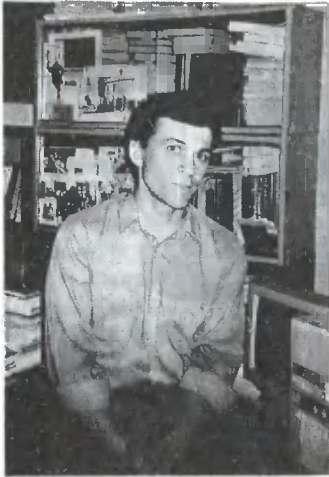
**A PORTRAIT IN THE INTERIOR OF  
THE KAPITZA INSTITUTE**

### **83 SUBJECT AND AUTHOR INDEXES TO PRIRODA 1997**

### **96 LYUDMILA MICHAILOVNA BOYAR- SKAYA**

# Пропуск на небеса

В. Г. Сурдин



*Владимир Георгиевич Сурдин, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга. Область научных интересов — формирование звезд и звездных скоплений. Неоднократно публиковался в «Природе».*

**Н**Е РАЗ мне приходилось слышать: «Как это романтично — открыть новую звезду и дать ей свое имя!» В действительности и то, и другое — не более чем распространенное, притом вполне безобидное заблуждение. Однако оказалось, что в наши дни его можно использовать с коммерческой выгодой. Представьте себе, появились «продавцы звезд», готовые за мзду дать любому светилу ваше имя. Встречаются и охотники «попасть на небо», за приличную плату, естественно.

Такой бизнес нашел в России почву на территории московского Парка культуры им. Горького. Некое АО «Космос — Земля» приземлило там гордость нашей космонавтики — ракетоплан «Буран». Теперь это АО готово не только предоставить каждому возможность поиграть в космонавты, но и продать любому желающему имя звезды. Оплатив услугу по таксе, вы получаете «сертификат», который «свидетельствует, что (такой-то) является полноправным владельцем наименования звезды». Далее следуют ее данные: звездная величина, координаты, созвездие и... присвоенное имя (по усмотрению покупателя). Под этим документом стоит подпись президента АО «Космос — Земля» летчика-космонавта Германа Титова.

Подпись производит впечатление. Рекламная московская газета «Центр-плюс» сообщила читателям, что получила сертификат из Парка культуры, свидетельствующий о том, что звезде 12.9 звездной величины из созвездия Андромеды (координаты: склонение +25 град 47 мин 18 сек и прямое восхождение 12 час 46 мин 40.1 сек) дано имя этой газеты. И при этом не стала сдерживать эмоций:

Каталог Звездного Неба - Космос - Земля  
 Catalogue of the Space - Earth starry sky



# СЕРТИФИКАТ

## CERTIFICATE

Свидетельствует, что  
 To testify that Mr./Ms.

является полноправным владельцем наименования  
 is the single owner of star denomination

**Звезды**

Звездной величины  
 Magnitude

Склонением  
 Declination

Правым восхождением  
 Ascension

Из созвездия  
 From the constellation

Звезде присвоено имя  
 The star is assigned the following name

Серия  
 Series

АО "Космос - Земля" г.Москва, Россия

J.S.C. "SPACE - EARTH", Moscow, Russia

Президент АО  
 летчик-космонавт Г.С.Титов

President of J.S.C.  
 pilot-cosmonaut German Titov



Образец сертификата, которым торгуют в Парке Горького.

«Сертификат серии 01 № 0021 подписал летчик-космонавт номер два — Герман Титов. Это — правда, и потому — фантастика!» (Центр-плюс. 1997. № 32. 22 авг.)

Конечно, фантастика! На месте с указанными координатами нет не только какой-либо звезды, но даже упомянутого выше созвездия!

Однако и не в этом главная суть. Попробуем в первую очередь разобраться, кто вправе присваивать звездам имена. Понятно, что если вы пожелали называть звезду своим именем или именем своей тещи, — никто вам этого не запретит. Но, как известно, имена звезд становятся общепотребительными, когда попадают на карты звездного неба и в авторитетные каталоги. Напомним также, что у астрономов есть своя традиция относительно названий небесных объектов. Эта традиция закреплена в документах Международного астрономического союза (МАС), объединяющего около 8000 астрономов из 60 стран — практически всех, кто профессионально работает в этой области. Впрочем, и не члены МАС тоже следуют этой традиции. В чем же она состоит?

Имена людей или мифических героев принято присваивать только объектам Солнечной системы: планетам и их спутникам, астероидам, кометам, а также деталям на их поверхности — горам, кратерам, долинам и т.п. Например, все планеты и их спутники носят имена из греко-римской мифологии. Лунные кратеры в основном названы именами астрономов, космонавтов и ученых-естествоиспытателей. Практически все названия на Венере посвящены женщинам — мифическим и реальным. Прежде чем присвоить имя, его обсуждает международный коллектив астрономов — членов рабочей группы по названиям астрономических объектов МАС. Они следят, чтобы «на небо» попадали достойные персонажи. За редчайшими исключениями присваиваются имена уже умерших людей, причем имя объекта утверждается не ранее чем через три года после смерти человека, чтобы успело установиться отношение к его личности.

Приблизительно такая же тради-

ция сложилась и с названиями астероидов. Это малые планеты, размером от нескольких сотен километров до совсем крошечных, поперечником в несколько десятков метров. В основном их открывают астрономы-профессионалы, поскольку для этого необходимы солидные телескопы. Астероиду присваивается порядковый номер и, по желанию первооткрывателя, может быть присвоено имя. Первые астероиды были открыты в начале XIX в. и, по аналогии с планетной традицией, им тоже стали давать мифологические имена: Церера, Паллада, Юнона, Веста... Однако астероидов обнаруживали все больше, и (поскольку легендарные имена оказались в дефиците) им стали присваивать имена людей, как ушедших из жизни, но оставивших свой добрый след в истории человечества, так и ныне здравствующих, разумеется, достойных.

Любопытно, что назвав первые астероиды в честь мифических женщин, астрономы уже не могли остановиться и продолжали искать для астероидов только женские имена. В крайнем случае переделывали мужское имя на женский лад: так появились, например, Эдисона, Владилена (в честь Ленина), Симеиза (в крымском Симеизе находится обсерватория) и др. Однако в последнее время от такого словотворчества отказались, и среди астероидов появились Евклид, Стравинский, Вивальди, Клэптон, Ван Гог.

Иная ситуация с именами комет. Эти огромные глыбы замороженных газов прилетают к Солнцу издалека, на короткое время разогреваются его лучами и начинают интенсивно испаряться, демонстрируя всем желающим свои газо-пылевые хвосты и давая астрономам редкую возможность изучать древнейшее вещество Вселенной, застывшее некогда в ядре кометы. Упустив эту возможность — промчит комета мимо Солнца и навсегда уйдет вдаль. Поэтому чтобы стимулировать поиски комет и не пропустить ни одной, им присваивают имена первооткрывателей. Часто это бывают любители астрономии, готовые провести тысячи ночей у телескопа, чтобы

принести пользу науке и, разумеется, оставить в ней свое имя. Честь им и хвала за это.

Первая из названных комет носит имя Галлея, знаменитого тем, что он первым догадался о ее периодическом возвращении к Солнцу через каждые 76 лет и верно предсказал ее очередной визит, чем сильно укрепил авторитет ньютоновой механики. Затем идут кометы известного «ловца хвостатых светил» Шарля Мессье и другие. Иной раз комета носит два или даже три имени; это означает, что она была независимо и почти одновременно открыта несколькими астрономами. Правда, недавно решено было ограничиваться в названиях комет двумя именами ее первооткрывателей. Например, комета Веста—Когоутека 1993 г. была открыта европейскими профессиональными астрономами Рихардом Вестом и Любошем Когоутеком. Многие своими глазами видели изумительно яркую и неторопливую комету, украшавшую наш небосвод зимой 1996/97 года. Ее открыли американские любители астрономии Алан Хэйл (Кладкрофт, штат Нью-Мексико) и Томас Бопп (Глендэйл, штат Аризона). Поэтому ее назвали комета Хейла—Боппа.

Переходя к названиям звезд, разумеется, нужно сказать несколько слов об именах звездных групп — созвездий и астеризмов. Астеризмами называют характерные группы звезд с запоминающимся рисунком, скажем Ковш Большой Медведицы. А созвездие — это определенный участок неба со всеми присутствующими на нем объектами. Имена астеризмов пришли из глубины веков; тот же Ковш у разных народов именовался как Лось, Повозка, Тесло, Плуг, Семь Мудрецов и т.п. Да и большая часть созвездий имеет очень древние имена. Старейшими считаются созвездия Зодиака<sup>1</sup>, вдоль которого проходит линия годичного движения Солнца — эклиптика. Сейчас в Зодиаке насчитывают 13 созвездий, в основном носящих

имена реальных или мифических животных. В прежние времена зодиакальный пояс делили на 12 созвездий, выполнявших роль календаря: в каждом из них Солнце проводило примерно один месяц. Многим созвездиям, особенно в Зодиаке, дали названия еще древние шумеры, жившие на Ближнем Востоке 5000 лет назад.

На протяжении веков примерно одни и те же группы звезд выделялись жителями долины Тигра и Евфрата, Финикии, Греции и других областей Восточного Средиземноморья. В 275 г. до н.э. греческий поэт Арат написал дидактическую поэму «Явления», изобразив известные ему созвездия. Теперь мы называем их «древними». Четыре века спустя греческий астроном Клавдий Птолемей указал в своем «Альмагесте» положения ярких звезд в 48 созвездиях; из них 47 сохранили свои имена до наших дней, а исчезло одно — Корабль Арго.

В эпоху великих географических открытий астрономы поняли, что значительная часть южного неба еще не разделена на созвездия. Поэтому на небе появилось еще 34 «современных» названия, не имеющих отношения к мифологии. Большое созвездие Корабль Арго было разделено на три меньших — Корма, Киль и Паруса. Поскольку эта область неба чрезвычайно богата яркими звездами и прочими интересными объектами, против новых созвездий никто не возражал. Также при общем согласии астрономов на небе разместились великие научные инструменты — Микроскоп, Телескоп, Циркуль, Компас. Но любопытно, что ни одному новому имени, попавшему на небо по политическим или религиозным соображениям, не удалось на нем долго удержаться.

Например, европейские монахи не раз пытались «христианизировать» небесный свод, т.е. изгнать с него героев языческих легенд и населить персонажами Священного Писания. Созвездия зодиака при этом заменялись изображениями 12 апостолов и т.д. Буквально перекроил все звездное

<sup>1</sup> См.: Гурштейн А.А. Минувшие цивилизации в зеркале Зодиака // Природа. 1991. № 10. С.57—71; Он же. Небо поделено на созвездия в каменном веке // Природа. 1994. № 9. С.60—71.



небо некто Юлиус Шиллер из Аугсбурга, издавший в 1627 г. атлас созвездий под заглавием «Христианское звездное небо...». Но, несмотря на огромную силу церкви в те годы, новые названия созвездий не получили признания. Не попали на небо и имена европейских монархов — Георг II и Георг III, Карл II и Людовик XIV. Даже попытка переименовать созвездие Ориона в созвездие Наполеона не вызвала понимания у астрономов.

Конец всем такого рода попыткам положил Международный астрономический союз, принявший на своей I Генеральной ассамблее (Рим, 1922 г.) решение раз и навсегда определить наименования 88 созвездий, покрывающих небесную сферу. При выборе названий предпочтение отдавалось европейской традиции.

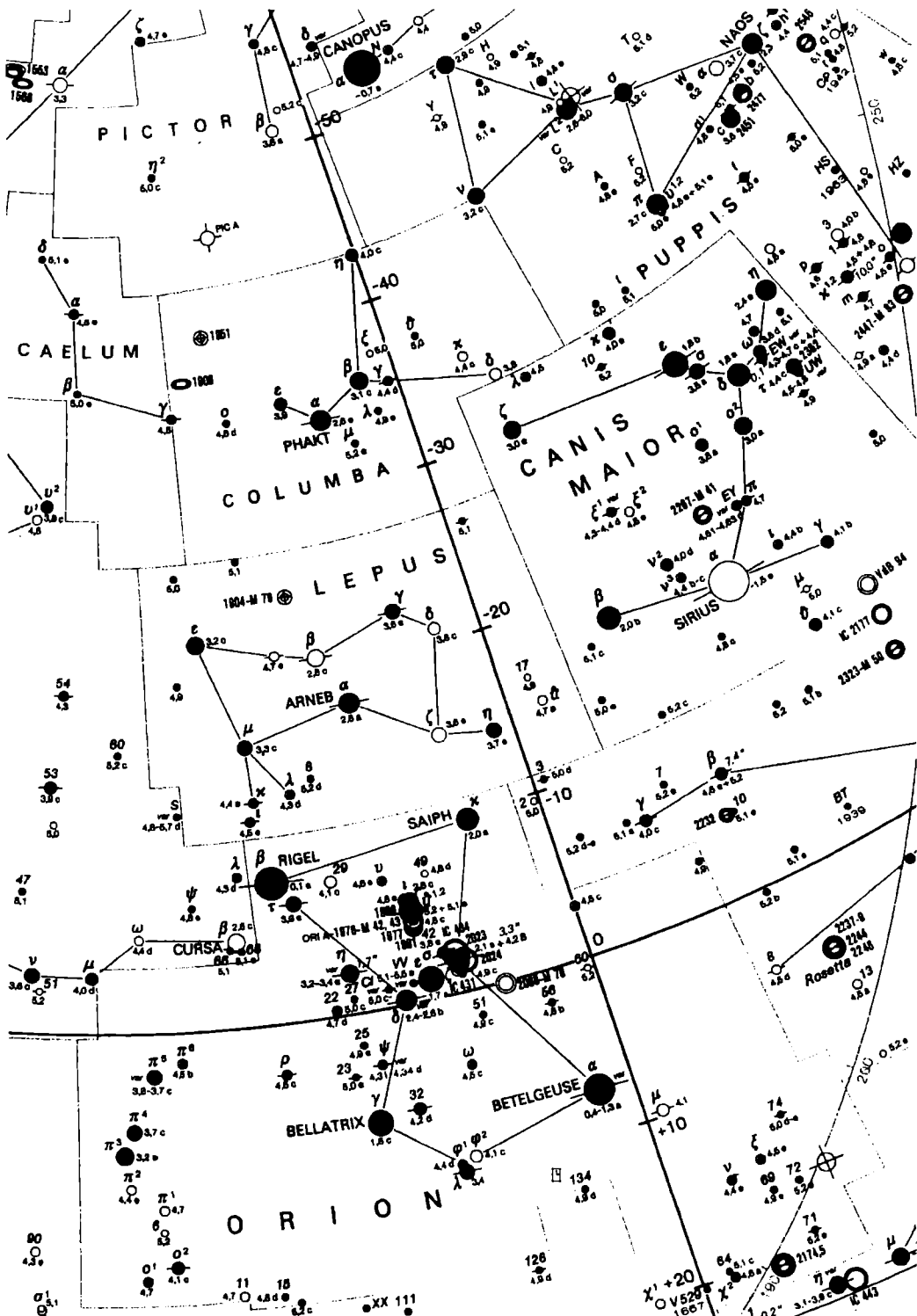
Поскольку астрономы называют теперь созвездиями не группы ярких звезд, а участки неба со всеми находящимися на них объектами, то проблема определения созвездия сводится только к проведению его границ. Однако провести границы между созвездиями оказалось не так легко. Над этим заданием тщательно работало несколько астрономов, стремясь сохранить историческую преемственность и по возможности не допустить попадания поименованных в старых каталогах звезд в «чужие» созвездия. На III Ассамблее МАС (Лейден, 1928 г.) были утверждены границы большинства созвездий. В 1930 г. бельгийский астроном Эжен Дельпорт опубликовал карты и подробное описание новых границ созвездий. Но и после этого еще вносились некоторые уточнения, и только в 1935 г. астрономическая общественность сказала: «Стоп! Больше никаких изменений. Раздел неба закончен». Заметим, что ни одно имя реального исторического лица в названиях созвездий не попало.

Теперь, наконец, обратимся к самим звездам. Около трех сотен ярких звезд имеют собственные имена. Это навигационные звезды, которыми издавна пользовались для ориентации путешественники и охотни-

ки. Обычно имена звезд очень древние — Сириус, Вега, Бетельгейзе, Альдебаран... Никто не знает, когда они появились. У разных народов одна и та же звезда называется по-разному: например, ярчайшая звезда в созвездии Ориона — Бетельгейзе по-арабски значит «подмышка великана». У бушменов она называется иначе, в переводе — «самка антилопы». Вообще же в арабской и греко-римской традиции, которой следуют современные астрономы, имена звезд нередко обозначают часть фигуры созвездия: Денебола (в созвездии Льва) — «хвост льва»; звезды Алгениб и Маркаб (в Пегасе) — «крыло» и «седло»; Фомальгаут (в Южной Рыбе) — «рот рыбы»; Ахернар (в Эридане) — «конец реки» и т.д.

Самые яркие светила, как правило, имеют не только несколько имен (у каждого из древних народов — свое), но и несколько научных обозначений, в соответствии с каталогами, в которые они занесены. Например, Капелла — она же Альфа Возничего (в Каталоге И.Байера, 1603 г.), 13 Aurigae (в Каталоге Д.Флемстида, 1725 г.), ADS 3841A (в Каталоге двойных звезд Эйкина, 1932 г.), КЗП I 100460 (в Каталоге звезд, заподозренных в переменности блеска, 1951) и т.д. Как видим, у некоторых звезд меньше имен, чем кличек у закоренелого рецидивиста. При таком разнообразии обозначений можно иногда и не понять, что речь идет об одном и том же объекте. Поэтому астрономы часто предпочитают именам звезды ее небесные координаты: значительно проще и надежнее отождествлять объект по «месту прописки» на небе.

Кроме трех сотен поименованных звезд человеческий глаз видит на ясном ночном небе еще несколько тысяч «безымянных». Неужели никому не приходило в голову дать им названия? Не знаю. Возможно, фантазии не хватило, а вероятнее всего — просто не было практической потребности. Когда же изобрели телескоп, то «открылась бездна, звезд полна, звездам числа нет...». В одной только



Участок звездного неба с созвездием Ориона.

нашей Галактике более 100 млрд звезд; это больше, чем число всех когда-либо живших на Земле людей.

И все же несколько звезд носят имена людей. Правда, их совсем немного. Всего около дюжины невидимых невооруженным глазом звезд носят имена астрономов, исследовавших эти светила и обнаруживших у них какие-либо удивительные свойства. Притом эти названия никем не «узаконены», а просто «прилипли» к этим звездам в языке профессионалов. Например, самую массивную среди изученных звезд, которая почти в 100 раз тяжелее Солнца, называют Горячей звездой Пласкетта, а самую легкую (0.07 массы Солнца) и холодную из звезд — звездой ван Бисбрука. Две близкие к нам звезды, быстрее других перемещающиеся по небу, называют Летящей звездой Барнарда и звездой Каптейна, а белый карлик, обнаруженный одним из первых, — звездой ван Маанена.

Разумеется, никаких дипломов «на право владения» именами звезд их первооткрывателям не давали. Постепенно, по мере обнаружения еще более экзотических звезд, они забываются. Остаются лишь их сухие каталожные обозначения, а фамилии старых астрономов, не знакомых новому поколению исследователей, перестают упоминаться. Как видим, в этом вопросе астрономы заметно скромнее биологов, делающих свои имена официальной составной частью названий животных и растений.

Разобравшись в том, кто вправе давать звездам имена и какая на этот счет существует традиция, мы уже понимаем, что продавать имена звезд не вправе никто.

А как же Герман Титов? Быть может, читатель возразит: откуда простому космонавту, да еще генералу, знать, что можно продавать, а чего нельзя? В это верится с трудом.

Должен признаться, что сама мысль о торговле звездами, — это, безусловно, перспективная, богатая

коммерческая идея. Звезды — товар надежный: неприхотливы в хранении, долго не теряют товарного вида, имеют немалый гарантийный срок (в среднем 10 млрд лет!) и достаточно удалены как от рэкетиров, так и от всевозможных инспекций. В нашей Галактике более 100 млрд звезд. Около 0.004% из них занесено в каталоги. Остальные безымянны и даже не считаются. Есть где развернуться малому бизнесу! При таком количестве бесхозного товара на небесах можно наладить его оптовые поставки в сопредельные государства, можно даже продавать партиями со скидкой: например, нашей футбольной сборной толкнуть мелким оптом пару дюжин звездных имен — глядишь, и она станет «командой звезд».

Название улиц своего города и городам своей страны дает правительство, и оно же служит гарантом того, что названия эти появятся на картах и непременно будут использоваться. Но если некий «продавец звезд» выдал вам справку, что данное светило носит ваше имя, то это еще ровным счетом ничего не значит, поскольку продавец не сможет убедить в этом никого, кроме, может быть, вас, доверчивого.

Заманчиво было бы продавать воздух и солнечный свет. Но они есть общее достояние. Было бы недурно приобрести небольшую планету, но и на этот счет существуют международные соглашения, запрещающие объявлять небесные объекты чьей-либо собственностью. Думаю, что грамотный юрист, знаток Закона о защите прав потребителя найдет любопытные моменты в деятельности АО «Космос — Земля».

В давние времена монахи продавали индульгенции, дававшие право душе покупателя попасть после смерти на небо независимо от наличия на ней грехов. Нынешние «продавцы звезд» обещают еще при жизни покупателя разместить его имя на небесах. Однако вход туда всегда был открыт не богатым, но достойным.

# Свойства жидкого гелия

Академик П. Л. Капица

В этом году исполнилось 60 лет, как выдающийся русский ученый Петр Леонидович Капица открыл сверхтекучесть гелия — явление, которое на первый взгляд совершенно не вписывается в рамки повседневных понятий о жидкости. Исследования сверхтекучести значительно расширили представления о физике конденсированного состояния и способствовали пониманию ряда других явлений, таких как, например, сверхпроводимость металлов. Признанием важности работ П.Л.Капицы является Нобелевская премия по физике, присужденная ему (1978) за «фундаментальные изобретения и открытия в области физики низких температур».

Сегодня мы представляем вниманию читателей доклад Петра Леонидовича (с несущественными сокращениями), где он в популярной форме изложил основные идеи и результаты своих исследований сверхтекучего гелия. Доклад был прочитан на конференции «Проблемы современной науки» в Московском университете 21 декабря 1944 г. и публикуется впервые. В нем речь идет о наиболее распространенном изотопе гелия —  $^4\text{He}$ , — исследованиями которого и занимался Капица. Сверхтекучесть другого стабильного изотопа гелия —  $^3\text{He}$  — была обнаружена значительно позже (1972), и это открытие было также отмечено как значительный успех физической науки Нобелевской премией (см.: Природа. 1997. № 1. С.94—96).

Этот доклад, имеющий самостоятельную научную и историческую ценность, — блестящий пример того, как можно в популярной форме донести «сложные материи» до аудитории, не имеющей непосредственного отношения к данной области.

**Т**ЕМА моего сегодняшнего доклада — свойства жидкого гелия. Работы в области жидкого гелия представляют интерес в основном потому, что проводятся вблизи абсолютного нуля, т.е. при очень низких температурах. В то время как область высоких температур, связанная обычно с горением, нам хорошо известна из опыта повседневной жизни, с областью низких температур нам приходится сталкиваться гораздо меньше, и даже лабораторий, работающих с глубоким холодом, мало. Поэтому целый ряд представлений о холоде, сложившихся из повседневного опыта и не измененных сведениями, полученными в средней школе, надо несколько пересмотреть, чтобы понять значение изучения явлений при низких температурах в жидком гелии.

Все вы знаете, что существует так называемая абсолютная шкала температур<sup>1</sup>, по которой температура отсчитывается только вверх от абсолютного нуля. Комнатная температура по этой шкале составит около 300 К. В этой комнате температура несколько ниже комнатной, но, к счастью, все же

недалека от нее.

Дальше идут температуры более высокие, и они достигают самой высокой температуры, какую можно получить в лабораторных условиях, — это 27 000 К.

Создается такое представление, что от комнатной температуры до абсолютного нуля только 300 К, а там — 27 000 К, так что область низких температур лежит гораздо ближе к нам, чем область высоких, например температур самых горячих звезд. Однако это представление неправильно. Как раз диапазон температур от комнатной до температуры абсолютного нуля гораздо больше, чем до более высоких температур. Наши житейские понятия о температуре не соответствуют тем понятиям, которые созданы в физике.

На самом деле диапазон явлений природы, которые можно наблюдать от комнатной температуры до предельно достижимых высоких температур, гораздо менее разнообразен по своему характеру и по интерпретации, чем тех явлений природы, которые мы наблюдаем при более низких температурах.

Гелий и вводит нас в область низких температур. Сам гелий — газ, оживающий при 4 К. Посредством разных способов: кипения в вакууме, магнитными методами — можно до-

© П.Л.Капица

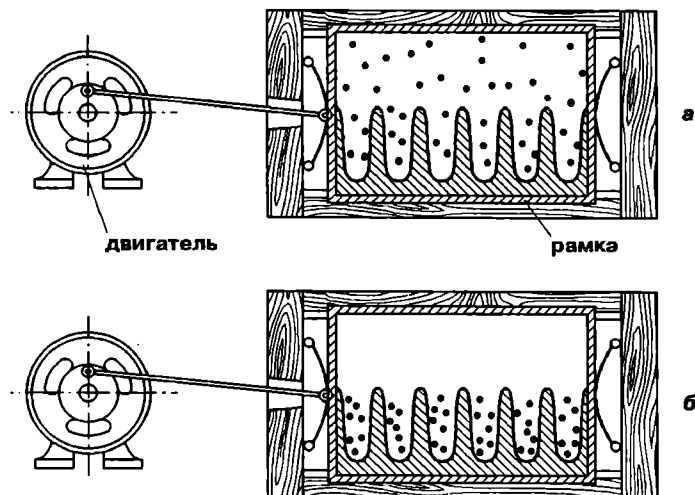
<sup>1</sup> Имеется в виду шкала температур Кельвина:  $T(K) = t(C) + 273.15$ .

стигнуть температуры в  $1/100$  градуса от абсолютного нуля. Вся эта область температур и является той, к которой и относятся свойства жидкого гелия, нами изучаемые и являющиеся темой моего сегодняшнего доклада.

Но позвольте прежде всего ввести вас в круг идей, которые я так общо назвал, говоря, что диапазон температур от комнатной до абсолютного нуля больше, чем диапазон температур от той же комнатной до предельно высоких. Для этого нужно напомнить, как большинство из вас представляет себе температурную шкалу. Известно, что атомам свойственно тепловое движение — они колеблются, движутся, и энергия этого теплового движения правильно считается пропорциональной той температуре, при которой эти атомы находятся. Если мы начинаем охлаждать тело, то температурное движение атомов уменьшается, а их кинетическая энергия понижается. Если это был газ, то при этом начинают проявляться силы взаимодействия и состояние газа меняется — он переходит в жидкость. В жидкости атомы уже не свободно бегают — они колеблются вокруг состояния равновесия, но в то же время эти колебания и рассматриваются как температура. Чтобы конкретизировать эти представления, я хочу показать вам опыт, который очень люблю.

Вы видите на экране колеблющуюся рамку с дробинками, выполняющими в этой движущейся модели роль атомов.

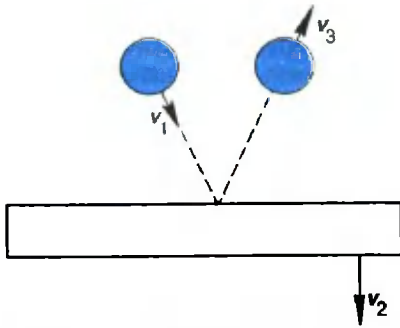
*Схема эксперимента с подвижной рамкой, иллюстрирующая атомарное движение: а — быстрые движения рамки (модель высокой температуры); б — медленные движения рамки (модель низкой температуры).*



Процессы охлаждения и конденсации символизируются попаданием шариков-атомов в ямки, занимающие на нашей схеме самое низкое положение. Приводя рамку в движение и сообщая это движение шарикам-атомам, мы получаем наглядную картину того атомарного движения, к которому мы все привыкли. С абсолютным нулем мы связываем полный покой атомов. Как нас учат в школе, для того, чтобы охладить вещество, надо остановить атомы в их движении. Правильность этого положения можно иллюстрировать схемой холодильной машины, которая воплощена в модели, служащей для нашей следующей демонстрации.

Вы видите укрепленную на штативе горизонтальную плоскость, на которую падает хорошо отскакивающий от нее шарик. Газ так же бомбардирует стенки ограничивающего его сосуда, как шарик ударяется о плоскость, закрепленную неподвижно. Его кинетическая энергия в основном сохраняется. Но если мы позволим этой плоскости уступать давлению шарика и отходить — шарик будет отскакивать на меньшую высоту. Мы поглощаем таким образом его кинетическую энергию. Это соответствует понижению температуры.

Из этого опыта, как он ни элементарен, можно извлечь одно из самых основных понятий температуры, к которым я хочу вас подвести.



*Шарик, отскакивающий от удаляющейся пластины, теряет скорость ( $v_3 < v_1$ ).*

По аналогии с шариком, который, ударившись о движущуюся плоскость, теряет свою энергию, мы могли бы взять атомы, направить их на движущуюся плоскость, уменьшить их энергию, затем направить на другую плоскость, еще уменьшить энергию, наконец, привести в состояние полного покоя и сказать, что мы получили абсолютный нуль — температуру абсолютно покоя. И обычные наши представления заключались в том, что полного покоя температурного движения атомов не существует. На самом же деле мерилом температуры является не само движение, а хаотичность этого движения. Хаотичность состояния тела определяет его температурное состояние, и эта идея (которая впервые была разработана Больцманом), что определенное температурное состояние тела вовсе не определяется энергией движения, но хаотичностью этого движения, и является тем новым понятием в описании температурных явлений, которым мы должны пользоваться.

Поэтому, если мы возьмем, например, тело, движущееся с некоторой скоростью, эта скорость может быть очень большой, но температура этого тела может быть очень мала; если это тело ударится о преграду, то его кинетическая энергия переходит в движение атомов, т.е. упорядоченное движение прямо переходит в беспорядочное движение, и мы о беспорядочно хаотическом движении говорим как о температуре.

Физику гораздо более важно знать, насколько хаотично движение,

насколько беспорядочно состояние тела, чем его температуру. А беспорядочность состояния тела вовсе не должна определяться только движением атомов, она может определяться еще рядом других факторов. Например, представьте себе, что каждый атом есть магнитная стрелка, как оно в действительности и есть. Предположим, что эти магнитные диполи имеют самое разнообразное направление. Пусть при этом они находятся в температурном покое, т.е. не колеблются. С нашей, физической точки зрения это не будет состоянием полного порядка. Такое тело не будет находиться при абсолютном нуле, потому что абсолютным нулем с нашей точки зрения является не отсутствие движения, а состояние полного порядка. Таким образом, современное понятие абсолютного нуля не есть понятие абсолютного покоя, наоборот, при абсолютном нуле может быть движение — и оно есть, но это есть состояние полного порядка. А температурные свойства определяют степень беспорядочности состояния тела.

Если же у нас есть одно состояние, более упорядоченное, чем другое, то упорядоченное состояние имеет другую энергию, чем беспорядочное. Для того чтобы перевести тело из более упорядоченного состояния в менее упорядоченное, надо сообщить телу некоторую энергию. Но эта энергия вовсе не должна быть с нашей точки зрения тепловой энергией колебания атомов. Она может быть гораздо шире — это может быть беспорядок гораздо больший, чем движение отдельных атомов. Этот беспорядок может заключаться, например, в том, что в одной части кристаллической решетки атомы находятся в более плотном состоянии, а в другой — в менее плотном, т.е. по атомной постройке проходит звуковая волна. Каждый атом может мало отличаться от ближайшего соседа и не двигаться по отношению к ближайшим атомам, но если могут существовать такие флуктуации плотности даже однородного тела, то это также должно рассматриваться как состояние неполного порядка, т.е. тело не находится при абсолютном нуле.

Таким образом, изучение тел при низких температурах представляет тот интерес, что, постепенно охлаждая тело, мы можем его приводить в состояние большего и большего порядка. Хаотическое движение атомов в газе мы можем привести в более упорядоченное состояние, свойственное, например, кристаллической решетке, когда каждый атом находится в определенном месте и только колеблется. Затем, когда и эти колебания прекращаются, весь кристалл в целом может колебаться, могут происходить флуктуации его плотности. Потом и они пропадают. Остаются магнитные моменты отдельных атомов, которые не в одну сторону ориентированы. Продолжая понижать температуру, мы изменяем и магнитные свойства вещества. Затем вступили бы в дело магнитные моменты ядер атомов — это должно произойти при температурах совсем низких. И если мы просмотрим весь диапазон явлений при низких температурах — магнитных, ядерных и прочих, — мы увидим, что здесь действительно гораздо большее разнообразие явлений, чем при высоких температурах, где мы можем наблюдать только следствия диссоциации и ионизации атомов. Все разнообразие явлений, которые имеют место при низких температурах, дает значительно более широкое понятие о природе вещества, чем то, что можно наблюдать при высоких температурах. В этом и есть основной интерес изучения поведения вещества при низких температурах.

Если мы хотим познать свойства вещества, а это и есть основная задача физика, то надо изучать это вещество в состоянии порядка, т.е. при температурах, гораздо ближе подходящих к абсолютному нулю. Эту же мысль можно показать несколько иначе. Если мы, например, понизили температуру в два раза, мы можем сказать, что мы и состояние вещества, грубо говоря, упорядочили в два раза. Понижим температуру еще в два раза — еще вдвое увеличился порядок. Но, следуя таким путем, мы никогда не достигнем абсолютного нуля, мы можем только к нему приблизиться. От 4 К мы перейдем к

2 К, от 2 К к 1 К, затем к 1/2 К и т.д. Но эта шкала температур будет такой же бесконечной, как ряд простых чисел. И такой отрезок этой шкалы, как от комнатной температуры до 0.03 К, будет эквивалентен уменьшению температуры в 10 000 раз. Между тем разница между комнатной температурой и наиболее возможной высокой не больше чем в 100 раз. Переход к жидкому гелию эквивалентен переходу к температуре Солнца. А так как нам практически удается достигать сотых долей абсолютного градуса, то это значит, что та шкала температур, которой мы владеем в наших криогенных лабораториях, значительно больше и, естественно, дает большее разнообразие явлений. Отсюда и тот интерес к изучению жидкого гелия и его свойств, к которым со все большим вниманием относится современная наука.

Жидкий гелий был получен сравнительно недавно — лет 35 назад. Заслуга его первоначального изучения принадлежит одной лаборатории в Голландии, руководитель которой Камерлинг-Оннес его впервые ожигил<sup>2</sup>. Основная трудность исследования жидкого гелия была в том, что вообще считалось, что гелия в природе очень мало. В воздухе, например, он присутствует в ничтожном проценте, и его трудно было добывать. Американцы первые нашли, что, оказывается, природного гелия довольно много в подземных газах, где количество его доходит до 1—1.5%. Это открыло источник получения гелия в больших количествах, и сразу работа с ним в значительной мере упростилась. Теперь уже существует ряд лабораторий, которые делают опыты с жидким гелием, исследуют свойства вещества при той низкой температуре, которую он создает.

В самой начальной стадии изучения гелия был обнаружен целый ряд явлений, которые по своему характеру нельзя было даже предвидеть. Наиболее красивое из всех явлений такого рода — сверхпроводимость. Камер-

<sup>2</sup> Имеется в виду Криогенная лаборатория Лейденского университета, основанная в 1894 г. Г.Камерлинг-Оннесом (1853—1926). Теперь это Лейденская криогенная лаборатория им. Г.Камерлинг-Оннеса.

линг-Оннес открыл ее совершенно случайно: он мерил сопротивление свинцовой проволоки и вдруг заметил, что в ней пропадает сопротивление. С понижением температуры сопротивление электрическому току вообще-то понижается, но, чтобы оно уменьшилось до нуля, — это было весьма удивительно. Еще удивительнее было то, что ток, пущенный по замкнутому проводнику, при температуре сверхпроводимости не пропадал. Были поставлены исключительно тщательные эксперименты: опыт продолжался в продолжение недели, совершенство экспериментальной методики доходило до того, что можно было обнаружить ничтожнейшие изменения тока, — и никаких изменений обнаружено не было... Поэтому с полной достоверностью можно сказать, что при температуре жидкого гелия в свинце и в ряде других металлов появляется состояние, при котором ток может течь без всякого сопротивления.

При дальнейшем изучении поведения вещества при температуре жидкого гелия был обнаружен ряд других фактов, которые были менее неожиданными, например обращение теплоемкости вещества почти в нуль. Был обнаружен целый ряд магнитных свойств вещества, но сравнительно недавно было обращено внимание на поразительные свойства самого гелия. Гелием пользовались как охлаждающей средой, но свойства самого гелия представляют, как оказалось, не менее интересную область для исследований, чем свойства тех веществ, которые находятся в гелии при этих низких температурах.

Дело в том, что если «откачивать» испаряющийся гелий, т.е. понижать давление над жидкостью, то постепенно температура его кипения понижается. Таким образом, удается достигнуть температуры примерно 1 К. При этом происходит любопытное изменение состояния самого гелия. При температуре ожигения — 4 К — он представляет собой жидкость малого удельного веса, раз в пять легче воды, очень прозрачную, с очень малым коэффициентом преломления, вследствие чего его труд-

но видеть: нужно принаравливаться, чтобы заметить, наполнен ли сосуд жидким гелием или нет. Когда на жидкий гелий смотрят, на него падает свет и он непременно будет кипеть. То количество света, которое проходит через прозрачный дьюаровский сосуд и падает на него, сообщает ему достаточное тепло, чтобы привести его в состояние кипения. Но при дальнейшем понижении температуры все эти явления внешне пропадают. Поверхность гелия становится гладкой, как зеркало. Его еще труднее заметить, потому что по пузырькам вы его видите лучше. Это явление заметил еще Камерлинг-Оннес, но стал его изучать Кеезом<sup>3</sup> лет десять тому назад. Его поразило, что пропадает кипение, и он стал изучать тепловые свойства гелия.

Кеезом, в частности, решил выяснить, какова в гелии теплопроводность. Он взял капилляр, в одном месте его поставил термометр, в другом нагреватель и смотрел, как тепло распространяется в капилляре. Капилляр был очень тоненький. Техника эксперимента очень трудна, потому что приходится работать с вакуумными сосудами, причем один из них погружен в другой, так как малейший доступ тепла уже способен вызвать кипение и нарушить все тепловые явления. О трудностях экспериментальной техники я не имею возможности рассказать. Так вот, обнаружилась потрясающая вещь: оказалось, что жидкий гелий обладает чрезвычайной теплопроводностью. Теплопроводность меди и серебра мала по сравнению с теплопроводностью, которая наблюдалась там. Это было очень удивительно.

Распространение тепловых волн оказалось исключительно быстрым как раз там, где, казалось, меньше всего можно было бы ждать теплового движения. Кеезом нашел, что жидкий

<sup>3</sup> В.Кеезом — известный нидерландский физик, профессор Лейденского университета. Подробно о его опытах П.Л.Капица рассказал в докладе «Проблемы жидкого гелия», прочитанном на Общем собрании АН СССР 28 декабря 1940 г. (Сов. наука. 1941. № 1. С. 33). Кроме того, доклад был опубликован в книгах П.Л.Капицы: «Эксперимент. Теория. Практика» (М., 1974, 1977, 1981, 1987) и «Научные труды. Физика и техника низких температур» (М., 1989).



гелий сверхтеплопроводен.

Мы заинтересовались этим явлением. Нам показалось, что, может быть, это ошибка. Но я повторил опыты Кеезона и получил еще большие значения теплопроводности, чем сам Кеезом. Можно было показать, что такое количество тепла, которое фактически переносилось, лежит за пределами физических возможностей, что тело ни по каким физическим законам не может переносить больше тепла, чем его тепловая энергия, помноженная на скорость звука. А скорость звука в гелии известна — она равна 250 м/с. С помощью обычного механизма теплопроводности тепло не могло переноситься в таком масштабе, как это наблюдалось. Надо было искать другое объяснение. И вместо того, чтобы объяснить перенос тепла теплопроводностью, т.е. передачей энергии от одного атома к другому, можно было объяснить его более тривиально — конвекцией, переносом тепла в самой материи. Не происходит ли дело так, что нагретый гелий движется вверх, а холодный опускается вниз, благодаря разности скоростей возникают конвекционные токи, и таким образом происходит перенос тепла. Но для этого надо было предположить, что гелий при своем движении течет без всякого сопротивления. У нас уже был случай, когда электричество двигалось без всякого сопротивления по проводнику. И я решил, что гелий так же движется без всякого сопротивления, что он является не сверхтеплопроводным веществом, а сверхтекучим.

Были сделаны эксперименты измерения вязкости — величины, обратной текучести. Чтобы гелий был сверхтекучим, необходимо, чтобы его вязкость была мала. Для того чтобы измерить такую малую вязкость, нужно было придумать исключительно тщательную технику эксперимента. Оказалось, что нужно пропускать гелий не в капилляре, а через щель, ширина которой равна долям микрона. Если бы гелий легко протекал через такую щель, он был бы сверхтекучим. Оказалось, что через эти тонкие щели гелий протекает так же легко, как и через большие отверстия.

Есть формула Бернулли, в которую не входит вязкость, применимая к идеальной жидкости. Гелий оказался такой идеальной жидкостью. Можно было обнаружить только предел вязкости  $10^{-11}$  П. Если вязкость воды равняется  $10^{-2}$  П, то это в миллиард раз более текучая жидкость, чем вода. И при этом наши измерения были лишь техническим пределом, за которым гелий мог быть еще менее вязким.

Казалось бы, установив сверхтекучесть гелия, можно было таким образом объяснить все явления конвекции. Но на самом деле оказалось, что на этом только начинаются, а не кончаются все интересные свойства гелия. Выяснилось, что то объяснение, которое мною было дано, из которого я исходил, было неправильным.

В действительности вязкость гелия мала, но этого все-таки недостаточно, чтобы объяснить его высокую теплопроводность конвекционным механизмом. Те силы, которые приводят в действие конвекционные потоки, — силы тяжести недостаточны, чтобы объяснить эту теплопроводность. В горизонтальном капилляре теплопроводность наблюдается в такой же степени, как и в вертикальном. Я сделал капилляр, который вращался, — явление оказалось одинаковым во всех положениях капилляра. Надо было искать что-то другое. И тут ключ к объяснению дальнейшего дало открытие, сделанное английскими физиками в Мондовской лаборатории<sup>4</sup>, директором которой я был прежде, — Алленом и Джонсом<sup>5</sup>. Они нашли другое явление в гелии, тоже очень интересное. Они нашли, что если бульбочку наполнить наждаком, опустить в гелий и осветить светом, то гелий начинает фонтанировать. Появляется фонтан до 20 см высотой. То есть под влиянием света и тепла в гелии возникают какие-то силы, которые заставляют его очень энергично течь.

<sup>4</sup> Эта лаборатория была построена в Кембридже (1933) Лондонским королевским обществом специально для П.Л.Капицы.

<sup>5</sup> Речь идет о работе: Allen J.F., Jones H. New Phenomena Connected with Heat Flow in Helium II // Nature. 1938. V.141.P. 242.

Мы стали изучать эти силы. Была взята маленькая колбочка с нагревателем; она была помещена в гелий и обнаружилось, что при нагревании гелия в колбочке поток жидкости вырвался наружу, в окружающий гелий. Если перед выходом колбочки подвесьте маленькую заслонку, то ее отбрасывает в сторону, т.е. жидкость на нее оказывает давление. Из сосудика вырывается сильный поток. Но спрашивается: если из него течет поток и если он не становится при этом пустым, то каким образом он снова наполняется гелием? Тогда нужно было сделать следующий опыт: посмотреть, равно ли действие противодействию. Было испытано действие струи на колбочку и оказалось, что действие равно противодействию. Можно было думать, что как-то со стороны вливается гелий. Этого не оказалось. Таким образом, мы имели интересное явление: струя вырывается, но количество гелия не изменяется. Объяснение этому явлению я дам несколько позже, а прежде расскажу о нескольких других опытах.

Если мы имеем вырывающуюся струю, то мы можем эту струю перевести в работу, в энергию. Мы сделали приборчик наподобие сегнерова колеса<sup>6</sup> с несколькими ножками, исходящими из общего объема, и затем нагревали внутреннюю часть этого сосудика пучком света. Такой «паучок» пришел в движение. Таким образом тепло переводилось в движение.

Но если тепло можно перевести в движение, то, казалось бы, и наоборот, движение в гелии можно перевести в тепло. Для того, чтобы посмотреть, насколько обратимо это явление, было сделано два сообщающихся сосуда, причем в одном гелий был выше, чем в другом, — мы дали ему перетекать. Оказывается, при этом установилась разность температур.

Таким образом, мы установили, что если гелий течет внутри капилляра, то от более нагретого к более холодному телу образуется поток, а

при заданных уровнях в одном месте температура будет повышаться (там, куда втекает гелий) и в другом — откуда он вытекает — понижаться.

Насколько совершенно переходило тепло в работу? Это был следующий вопрос, который мы должны были выяснить. Оказалось, что преобразование тепла в работу происходит с коэффициентом полезного действия, равным единице, энтропия оставалась постоянной, т.е. явление было термодинамически обратимым.

Следовательно, мы приходим к интересному методу получения низких температур: мы можем перекачивать гелий через очень тонкий капилляр и получать понижение температуры. Теоретически, как я дальше скажу, мы можем получать температуру сколько угодно низкую, близкую к абсолютному нулю (без возможности когда бы то ни было достигнуть его). Технические трудности здесь большие, может быть, они значительно уменьшат наши возможности. Но это феноменологическая сторона явления.

Как же теоретически объяснить, что гелий может вытекать из сосуда, не втекая в него, образуя такую бездонную бочку? Как теоретически можно себе представить, что при разности температур тепло обратимо переходит в движение?

Первую идею в этом направлении дал французский физик Тисса. Его идея была высказана в небольшой статье<sup>7</sup>. Разработал до деталей теорию Ландау. Идея заключается в следующем.

Гелий в сверхтекучем состоянии состоит из двух частей, представляя собой как бы раствор одной жидкости в другой. Одна составляющая гелия — это гелий, находящийся при температуре абсолютного нуля, т.е. во вполне упорядоченном состоянии. А другая его часть — это гелий, каким он обычно бывает, когда конденсируется. С понижением температуры меняется пропорция одного гелия по отношению к другому. Таким

<sup>6</sup> Я.Сегнер (1704—1777) — венгерский математик и физик, который изобрел одну из первых гидравлических турбин — «сегнерово колесо».

<sup>7</sup> Речь идет о работах венгерского физика Л.Тиссы, который работал в то время в Париже, в Лаборатории экспериментальной физики Коллеж де Франс (Nature. 1938. V.141. P.913; Comptes rendus Acad. Sci. Paris. V. 207. P.1035; Ibidem. P.1186).

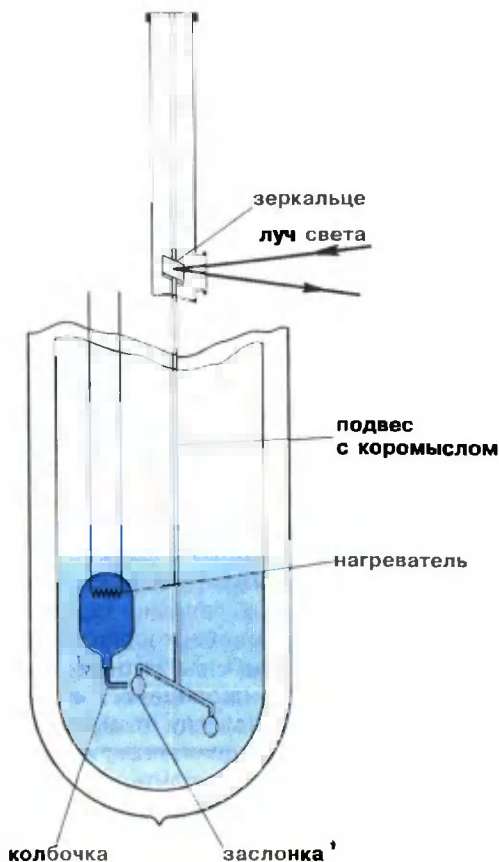


Схема эксперимента с колбочкой. Зеркальце служит для регистрации отклонения заслонки.

образом, мы имеем как бы два гелия. Одна жидкость находится энергетически на самом низком уровне, другая жидкость — в другом, нормальном энергетическом состоянии. Только два эти состояния и могут быть в гелии при этих температурах. Беспорядочность состояния гелия определяется тем, что существует постоянное перемешивание этих двух компонент. Если в одном месте увеличивается концентрация компоненты обычного гелия, а в другом будет больше сверхтекучей компоненты, то у вас моментально возникнет стремление выровнять эти компоненты, т.е. возникают какие-то термодинамические силы, которые стремятся их выровнять. Гелия в промежуточном состоянии между этими двумя в природе не существует: либо он при абсолютном нуле, либо он в другом

состоянии, нормальном. Гелий в сверхтекучем состоянии не может давить на заслонку, и вообще сверхтекучая жидкость не может производить никакого давления, так как это жидкость, вязкость которой равняется нулю, — мы ее динамическими методами обнаружить не можем. Поэтому ее вытекание в колбочку остается нами незамеченным: нет таких физических методов, посредством которых мы могли бы обнаружить его вытекание. А вытекающая часть — нормальный гелий. При нагревании сверхтекучая часть гелия переходит в нормальную, и внутри колбочки появляется избыточный нормальный гелий, он-то и вырывается наружу и давит на заслонку.

Такое представление дается теорией, оно математически развито в гидродинамике двух жидкостей, которые находятся в двух квантовых состояниях и могут течь навстречу друг другу, причем одна обладает нулевой энтропией и не может быть обнаружена механическим взаимодействием, а другая — это нормальная жидкость. Представление, конечно, необычное, но наблюдавшиеся явления полностью им объяснялись. Так же получалась термодинамическая обратимость этих явлений. Из нее вытекало как следствие, что, когда мы пропускаем гелий через очень тонкий канал, через него проскальзывает только сверхтекучая компонента и по другую сто-

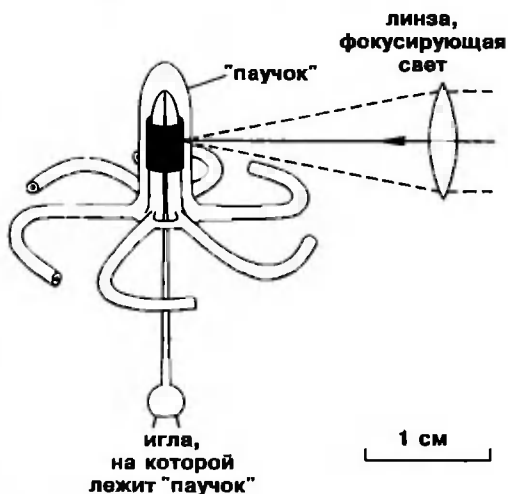


Схема эксперимента с «паучком».

рону щели образуется недостаток компоненты с нормальной вязкостью — появляется разность температур. Так как создать разность температур мы не можем, не создавая работы, необходимо, чтобы получилась разность давлений. Все это хорошо совпадало с теоретическими расчетами.

Но Ландау сделал еще одно заключение. Он обратил внимание на то, что, если существует смесь двух жидкостей, могут быть и две звуковые скорости. Одна звуковая скорость в нормальном гелии была известна — 250 м/с. Но должна появиться еще и другая скорость. И Ландау предсказал ее и даже вычислил, что она должна равняться 25 м/с. Мы начали искать эту вторую скорость как раз перед войной. Первую скорость нашли, а второй звуковой скорости найти не могли. И я всегда говорил Ландау: «Где же ваша вторая звуковая скорость?» Когда теоретиков раззадоришь, они начинают изучать явление более подробно. И действительно, вскоре Ландау сказал даже, как ее надо искать. Она возбуждается не нормальным путем, не движением диафрагмы перпендикулярно, а скорее — движением вдоль, а еще лучше — тепловыми флуктуациями. Скорость звука второго порядка не так легко наблюдать, но воспитанник Московского университета Пешков<sup>8</sup> придумал метод для ее наблюдения. Недавно, месяц назад, вторая скорость звука была им обнаружена в нашей лаборатории, она оказалась равной 19.6 м/с, т.е. весьма близкой к предсказанной.

Мы имеем здесь интересный пример того, как на основании теории было предсказано совершенно новое явление, неизвестное ни в одной другой жидкости, и доказано его существование. Это мне напоминает случай, когда Лаверьё предсказал существование планеты Нептун по возмущениям орбиты Урана, и Араго<sup>9</sup> вскоре обнаружил

неизвестную планету. Но планета уже существовала, нужно было только убедиться в ее присутствии. А второго звука не существовало, и в поисках его было меньше уверенности.

Всякая теория, предсказывающая новые явления, вносит большой вклад в науку, создает направление экспериментальной работы, и я думаю, что в области жидкого гелия мы двинули теорию значительно вперед. В ближайшие недели эта работа появится в печати<sup>10</sup>.

Вот примерно тот обзор явлений в жидком гелии, с которым я хотел вас сегодня ознакомить. Здесь было, конечно, много неясного и интересного, и немало еще осталось. При протекании гелия с некоторой скоростью он переходит в нормальное состояние, т.е. теряет свою сверхтекучесть. Это для нас — совершенно непонятное явление. Оно, по-видимому, как-то связано с аналогичным явлением в сверхпроводниках, когда при известном магнитном поле сверхпроводимость пропадает. Какая-то аналогия существует между этим явлением и поступательным движением жидкого гелия; можно даже вычислить критические скорости, при которых теряется его сверхтекучесть. Они получаются другого порядка, чем те, которые наблюдаются экспериментально. Работы в этом направлении были прерваны войной, и только недавно они были возобновлены.

Перед войной было начато также получение сверхнизких температур путем принуждения гелия протекать через тонкие каналы. И эти опыты были прерваны войной. Но мы надеемся, что скоро полностью вернемся к тому счастливому состоянию, которое было нарушено нашествием варваров, и сможем отдать все силы изучению новых загадок природы, которые помогут нам в значительной мере разобраться в интереснейших явлениях, происходящих вблизи абсолютного нуля.

Публикацию подготовили  
П. Е. Рубинин и В. В. Дмитриев

<sup>8</sup> В. П. Пешков (1913—1980) — с 1940 г. был сотрудником Института физических проблем, возглавляемого П. Л. Капицей.

<sup>9</sup> На самом деле планета Нептун была открыта в 1846 г. немецким астрономом И. Г. Галле (1812—1910) по координатам, вычисленным У. Лаверьё (1811—1877).

<sup>10</sup> Речь идет о работе В. П. Пешкова «Второй звук в гелии-II» (Докл. АН СССР. 1944. Т. 45. № 9. С. 385).

## Мир кречета

В. Н. Калякин

СЮГА тянет теплый ветер, еле заметно покачивая верхушки зеленющих лиственниц. По краям кустарников шмыгает неугомонная птичья мелочь: чечетки, варакушки, пеночки, овсянки-крошки, краснозобые коньки и желтые трясогузки, изредка пролетит чем-то озабоченный деловитый дрозд. На вершине скалы сидит каменка, мерно вздвргивая черным хвостом с белым надхвостьем. Вдруг — молниеносный выпад в сторону, птица схватывает клювом быстроногого мохнатого паука-волка и, чуть привзлетев, юркает за ближайший каменный выступ. Все сильнее припекает солнце, все вокруг словно обволакивается сонно-дремотной одурью. Спят в гнезде кречетята, неподвижно на верхушке лиственницы сидит белый кречет, почти невидимый на фоне блеклого неба с легкими облаками над горизонтом. Время от времени лениво проплывает над рекой серебристая чайка; упруго работая крыльями, пролетит над ущельем косяк гусей-прошлогодков, а то стайка морянок, почти касаясь воды, прострижет воздух черными крыльями и скроется за ближайшим поворотом, унося с собой торопливо-недоуменную приговорку: «аулик... аулик...аулик...» Вот одна из чаек сворачивает к гнезду и с явным интересом делает над ним короткий круг. Ее привлекли спящие в гнезде кречетята, их спинки, покрытые нежным пухом, с просвечивающей розовой кожей выглядят так соблазнительно... Резкий короткий свист, внезапно раздавшийся сзади, перекашивает крест распластавшейся над гнездом птицы и, словно ветром, сдувает его далеко в сторону. Белый кречет на макушке лиственницы даже не пошевелился...

Около десяти часов из-за холма, низко над землей, показывается самка, направляется напрямик к лиственнице и из-под нижних ее ветвей взлетает на свою присаду в тени кроны. Зоб ее рельефно выступает — охота была успешной.

Целый час взрослые кречеты сидят неподвижно на своих местах. Но вот самка что-то заметила на самом краю распадка: там еще тень и на месте недавно отступившего снежника, среди прошлогодних грязно-бурых стеблей, прилипших к склону, усиленно вылезают сочные молодые побеги. Кречетиха мягко планирует на макушку ближайшего бугра, обрамленного небольшими кустами. Сквозь их ветви, оставаясь сама незаметной снизу, она с минуту продолжает свое наблюдение, вся вытянувшись вперед и вверх, словно привстав на цыпочки, затем подскакивает, на секунду исчезает в распадке и вылетает оттуда, взмыв прямо к гнезду с крупной водяной полвкой в лапе. Только что проснувшиеся и не успевшие еще заорать кречетята снова на своих постах. Самка, обхватив туловище водянухи пальцами, держит ее головой вперед и вверх. На всякий случай, хотя зверек уже мертв, она прокусывает ему череп. Три-четыре минуты она разрывает нежную тушку и скармливает ее птенцам. Минут двадцать после этого взрослые кречеты играют в воздухе и снова рассаживаются по присадам.

\*

А вот уж и за полдень. Часа через два от скалы ляжет на гнездо узкая треугольная тень и будет ползти по нему, как живая, пока через полчаса не доберется до края. Птенцы давно уже снова проснулись, закончили туалет, накричались и опять уснули. Самка покидает присаду и улетает в



*Четыре оперяющихся кречетенка. Сразу видно, сколь различны характеры у этих птенчиков.*

*Фото В. Г. Виноградова*

тундру. Через полчаса она появляется вновь и быстро летит к гнезду. Следом за ней с криком несутся два поморника — темные, легкие на лету птицы с белесо-золотистыми шейками спереди и светлыми щечками, с торчащими из хвостов короткими шильцами. Один за другим они взмывают вверх и тут же по очереди пикируют на кречетиху. Наперерез поморникам срывается кречет, поморники увертываются от него и поспешно улетают.

Уже восемь часов прошло с тех пор, как кречетиха скормила малышам поморника. Уже дважды они просыпались, заходились криками и вновь засыпали. Вот и теперь, нагорлавившись, они стоят, сбившись вместе, с растерянным видом и явно отчаявшись разжалобить негибаемую в своих педагогических устоях мать. Становится все холоднее, скоро уж камни снова покроет сизый ночной иней.

После продолжительного отдыха

кречетиха заметила на соседней плоской вершинке небольшую группу токующих турухтанов. Сорвавшись с лиственницы, она спикировала на забывших обо всем птиц и схватила лапой одну из них, одетую в шикарный брачный камзол с великолепным бархатно-черным воротником-жабо, сверкающем на солнце сине-фиолетовым отливом, и со светлой спинкой, разрисованной, словно тушью, тончайшим струйчатым узором. Она съела турухтана, не оставив даже перышка, тут же, на вершине бугра, возвышающегося над распадком, и взлетела обратно на лиственницу. Только самец, как изваяние, сидел эти долгие часы, не меняя позы.

В десять вечера самка улетела опять и вскоре, прижимая лапами к брюху большую черную птицу с повернутой на бок головой, соскользнула над склоном холма к реке, пролетела низко над водой и, круто взмыв к гнезду, села на его край. Дружно, полумесяцем мать обступили птенцы. Несмотря на длительное кормление, малыши съели лишь половину принесенной добычи — матерого самца

синьги. Это — крупная (более килограмма весом) утка, черная как смоль, со вздутым под ноздрями надклювьем, прочерченным посередине яркой, почти красной чертой. Подхватив лапами остатки селезня, самка снялась с гнезда и направилась к вершине бугра над распадком. В тот же момент с лиственницы на этот же бугор слетел и самец, словно заранее знал, что остатки предназначаются ему. Оставив синьгу самцу, кречетиха возвращается на присаду. Белый кречет, зацепив селезня лапой, проволакивает его несколько метров и на большой сухой кочке, поросшей по краям травой, принимается за трапезу.

\*

Когда-то, давным-давно, о чем помнит, наверное, лишь старая лиственница, уже семь веков растущая ниже по склону, на этой плоской вершине ставил чум ненец, приехавший сюда на нескольких оленьих упряжках. Две или три недели он жил здесь, заготавливая для разных поделок — нарт, хореев и шестов для нового чума — стройные молодые лиственницы. Наверху снега почти не было, и он срубал деревья под корень. Ниже по склону снег среди деревьев лежал двухметровым слоем, и лиственницы приходилось рубить над ним. Здесь было повалено уже много высоких деревьев, с которых ненец брал только ветки для костра в чуме. С тех пор и стоят внизу несуразно высокие пни, а на вершине, выбитой оленьими копытами и человеческими ногами, кроме накипных лишайников по камням да чахлого мха на тоненьком слое торфа так до сих пор ничего и не выросло. Лишь в самой верхней части ее, куда в течение многих десятилетий присаживались отдыхать либо рвать добычу различные хищные птицы, образовался степенно слой почвы, выросли на нем астрагалы и прочие травы, а на самом краю, рядом с крошечным можжевельником — колючие кустики шиповника. Если осторожно раскопать

эту кочку, будет видно, что вся она состоит из многих слоев мелких костей, перекрытых торфом и перегноем, среди которых нет-нет да и встретится такой слой, который почти полностью образован остатками лемминговых черепов. Примерно раз в десять лет, когда лемминги наводняют местные тундры, недалеко отсюда гнездится пара полярных сов, и тогда этот бугорок, окруженный кольцом золотистой сухой травы, становится любимой присадой белоснежного матерого совины. Раньше на соседней вершине тоже образовалась такая же кочка, а теперь она распласталась вширь, растет на ней уже густая поросль молодых лиственничек, в которых частенько на день ложится заяц, а земля покрыта густой сетью узких дорожек, соединяющих целый лабиринт полевочьих норок.

\*

Только к полуночи закончил кречет неторопливую трапезу. Даже издали было заметно, что голова над клювом и вся грудь его стали желтовато-розовыми от крови и жира. Вычистив когти и клюв, птица соскользнула в распадок, села на снежник и начала тереться о снег головой, а затем несколько раз решительно кинулась на забой грудь, тщательно стирая с нее налипшую грязь. Закончив свое «омовение», кречет сел на ветку рядом с самкой, почти неразличимой на фоне ствола.

\*

К концу июня все кречетята уже полностью оперились, только отдельные пушинки оставались еще кое-где на груди, спине и головках. Все птенцы серые: кто потемнее, кто посветлее, и рисунок на перьях немного различен. Теперь кречетиха кормит их три раза в день, так же тщательно разделявая добычу и выщипывая из нее крошечные порции. Один из птенцов начинает понемногу сам отрывать куски от принесенной птицы



*На отравленных домашними оленями холмах почвенно-растительный покров начинает восстанавливаться обычно с самых макушек. Такие места постоянно посещают и удобряют хищные птицы, используя вершины холмов как присады и наблюдательные пункты.*

*Фото автора*

и вскоре уже не нуждается в материнской кормежке. Отрывая более крупные куски, чем кормящая птенцов самка, он наедается быстрее остальных и отходит в сторону — почиститься. С каждым днем все больше времени у них занимает зарядка и все активнее она становится.

Уже отчетливо видно, что среди птенцов два «мальчика» (они помельче и пошустрей) и две «девочки». И вот, утром третьего июля, через час после первой трапезы, один из птенцов снимается с гнезда, перелетает реку и садится на вершину бугра недалеко от лиственницы. Весь день он то бегает по этой вершине, то, застыв неподвижным серым пенечком, отдыхает. После полудня кречетиха приносит ему целую шилохвость, он недолго кормится, перетаскивает ее с места на место. На ночь он утягивает остатки утки под кусты ерника, а сам через

некоторое время вылезает оттуда и... перелетает в гнездо. Рано утром быстро разыскивает остатки шилохвосты, но съест, видимо, там уже нечего, и он с криками, махая крыльями, носится по вершине распадка — точь-в-точь капризный ребенок, который того и гляди шлепнется на пол и забьется в истерике... Очень быстро подлетает самец (наконец-то и ему удастся вступить в родительские права) и отдает малышу полусъеденную куропатку, но не сразу, а как бы дразнит его: сядет в нескольких метрах от малыша, а когда тот кинется к нему, отскочет вместе с добычей в сторону. Повторив так несколько раз, самец взлетает на лиственницу, оставив куропатку птенцу, и тот, вцепившись в нее, тут же успокаивается.

А вот и кречетиха вновь улетает на охоту. На этот раз она приносит в гнездо самку турпана, уже несколько объединенную. Часа через два после кормления второй птенец слетает с гнезда и садится в распадок. Он спокойнее первого, но его обуревают страсть исследований. Нагнувшись вперед и приопустив голову, благодаря чему его фигурка выглядит несколько сгорбленной, а крылья зало-





*Этот оперяющийся птенец, несмотря на юный возраст, уже полон решимости постоять и за себя, и за свою сестренку.*

*Фото автора*

жив на спину, он с видом озабоченно-какой-то пропажей маленького старичка, приглядывающегося к чему-то ослабевшими глазами, деловито бегаёт по склону, залезает под кусты, заглядывает под коряги. Под очередным полувывороченным камнем Любопытный обнаруживает вдруг гнездо трясогузки с еще голыми птенцами и... одного за другим не спеша проглатывает, время от времени отмахиваясь, как от назойливой мухи, от взрослой трясогузки, которая вьется над ним и пытается клюнуть в голову. Покончив с обитателями крошечного гнезда, он начинает скрупулезно обследовать расположенный выше курум. Это увлекательное для него занятие прерывает начавшийся ливень. Рядом оказалась густая куртина ольхи, куда птенец почти сразу и прячется. Первый же слеток долго бегаёт по распадку, несколько раз пытается укрыться под

ерником, но сплошное переплетение ветвей не пускает его, он снова принимается бегать, смешно помогая себе крыльями и отрывисто, возмущенно покрикивая. Вот он поверху преодолевает широкую полосу густого ерника, уже насквозь пропитанного влагой, от которой птенец теперь намокает и снизу. Неприятное ощущение от холодной воды на переплетенных ветвях все более его подстегивает, малыш кричит пуще прежнего и в спешке еще чаще проваливается то одной, то обеими лапами. Наконец он преодолевает заросли, с трудом взлетает на нижнюю ветвь лиственницы и усаживается рядом с невозмутимо спокойными родителями.

Птенцы, что находились в гнезде, в самом начале дождя ложатся и плотно прижимаются друг к другу. Дождь идет все сильнее, ветер дует с юго-запада, и у птенцов нет никакой от него защиты. Намокнув, они вскакивают, отряхиваются и, нахолодившись, садятся немного порознь, повернувшись спинами к ветру. Дождь усиливается. За сплошной стеной ливня исчезает из глаз не только гнездо, но



*Любопытный любил пешие прогулки из-за пристрастия к исследованию окружающих охотничьих угодий.*

*Фото автора*

и весь противоположный берег. Видимо, кречетиху охватывает беспокойство и, несмотря на тугую завесу из ниспадающих струй, она слетает с дерева. Через минуту возвращается обратно. Все в порядке, или отдала птенцам какие-то распоряжения? Вскоре дождь ослабевает, все четче проступают контуры другого берега, становится различимым и гнездо с нахохлившимися кречетятами. Наконец дождь кончился, свежий ветер разгоняет рваные тучи, выглядывает солнце, все тише где-то далеко за ущельем еще порывают грозовые раскаты. Птенцы отряхиваются, скачут по гнезду, время от времени энергично машут крыльями.

\*

Шестого июля покинула гнездо и одна из «девочек». Другая же, самая крупная и массивная из птенцов, явно

переросшая уже своего белоснежного родителя и лишь немногим уступающая в размерах матери, все никак не решалась на первый полет. Оставшись одна в гнезде, она очень хотела его покинуть. То и дело перебиралась на самый край, нависший над бурунами, и делала на нем давно уже ставшую привычной зарядку: наклонялась вперед, чуть отогнув напряженные крылья; слегка изогнув шею, часто-часто то втягивала ее чуть назад, то «выстреливала» головой вперед («берет азимут», — определил это движение, очень характерное и для сапсанов, один мой товарищ). Но, так и не решившись оторваться от гнезда, в очередной раз смущенно возвращалась обратно. Утром восьмого кречетиха принесла своей нерешительной дочке селезня-чирка и сразу же улетела на другой берег. Больше в этот день она ни разу не посетила гнезда, хотя время от времени подлетала к нему или делала над ним круг. Вечером строгая мать пресекла и попытку более сердобольного своего супруга переправить дочке незаконную, на ее взгляд, контрабандную куропатку. Так что Толстушке пришлось ночевать на голодный желудок.



*После проливного дождя кречетята расселись по ветвям «на просушку».*

*Фото В. К. Орлова*

На следующее, хмурое и с ветерком, утро она снова несколько раз безуспешно прицеливалась к перелету и, наконец, после множества «поклонов» на краю гнезда, издала короткий и какой-то жалобный крик, расправила крылья, прыгнула вперед и заскользила, как планер, к середине реки, постепенно снижаясь. Над самой водой Толстушка часто замахала крыльями — как же притягивает этот темный холодный поток. На какой-то миг, вероятно, от страха, она словно забыла о своих крыльях и тут же плюхнулась в воду. Необыкновенно быстро перебирая ногами и изо всех сил помогая себе крыльями и отчаянным криком, сопровождаемая кружащимися над нею родителями и одним из братьев, явно заинтересовавшимся всем этим переполохом, Толстушка преодолевает последние полсотни метров полуплавая и наконец выскакивает на берег. Здесь она почти в том же темпе преодолевает высочен-

ный склон и, оказавшись на самом верху, радостно вцепляется в белую куропатку, уже приготовленную для нее, видимо, не менее довольным родителем.

Пока в гнезде оставался хоть один птенец, взрослым кречетам приходилось работать на два фронта. Уж тут-то, наконец, к кормлению, вернее к снабжению пищей непосредственно птенцов, которые ее разделявали сами, подключился и самец. Когда же все молодые слетели и первые несколько дней держались в распадке либо поблизости от него, задача снова упростилась: всех их можно было кормить теперь в одном месте, там, куда приносила добычу взрослая птица. Впрочем, с Толстушкой были и здесь затруднения. Явно не понравившееся купание накрепко связалось у нее и с представлением о сомнительности воздухоплавания. Еще почти полтора месяца вторично форсировать в перелете реку она наотрез отказывалась.

Кречетиха как охотник и добытчик была значительно универсальнее своего супруга и старалась не обременять



*Толстушка.  
Что-то и родители меня  
совсем забыли (слева вверх-  
ху).*

*И даже крики не помогают  
(слева внизу).*

*Придется, наконец, лететь  
самой (справа вверхху).*

*Фото В.К. Орлова*





себя дальними рейдами. Она ловила все, что подворачивалось ей поближе к гнезду: от мелких птиц и грызунов до гусей и зайцев.

Кречет же по-прежнему охотился почти исключительно на куропаток, но старался не упускать и тех птиц, от которых защищал свое гнездо. Однажды поздно вечером, когда все семейство сидело в распадке, совсем близко пролетал одиночный ворон. Белый кречет тотчас взлетел и, обогнув скалу, неожиданной для вороны атакой сверху сбил его. Подлетевшие молодые тут же разорвали упавшую птицу и растащили ее в разные стороны. Через два дня в нескольких километрах ниже гнезда вблизи широкой речной излучины с массой стариц, кречет поймал самца полевого луня и, откусив и проглотив голову, принес тушку своим птенцам. В начале августа, когда в тундре стали поспевать ягоды и появились кобылки, он переловил из выводка серых ворон всех четырех птенцов, еще месяц назад покинувших свое гнездо, что находилось невдалеке, в густых зарослях высокоствольных ив.

Молодые соколы (кроме Толстушки) летали увереннее и смелее и больше времени проводили в воздухе. Тем не менее их полет еще долго оставался прямолинейным, маломаневренным, и они не могли даже на небольшом расстоянии соперничать со взрослыми в скорости. Время от времени кому-нибудь из них все же удавалось добыть поршка куропатки, пухового куличонка, плохо еще летавшего слетка конька или другой мелкой пичуги.

Любопытный, с самого начала послегнездовой жизни приравнившийся к обследованию курумов, стал самым самостоятельным из птенцов, а круг его интересов все больше расширялся. Теперь его привлекали и луговины, где можно было поймать полевку-экономку, водяную крысу или какого-нибудь куличонка, и разнотравье по сухим бровкам, изрытым узкочерепными полевками, у которых появилось многочисленное потомство. Молодые зверьки иногда чуть ли не сами лезли в лапы. Впрочем, в этих занятиях у него была теперь компания — младшая, но самая крупная

сестра. Правда, манера ее охоты в таких местах выглядела необычной: вместо активного поиска-выпугивания она терпеливо и сосредоточенно наблюдала, сидя где-нибудь на пеньке или на бровке в районе распадка, так как не была сторонницей даже недалеких рейдов, особенно по воздуху.

Однажды эта явная нелюбовь к полетам даже чуть было не закончилась для нее трагически. После недавней трапезы Толстушка мирно сидела на самой бровке, у густого ерника, закрывавшего ей спину и несколько нависавшего над ней. Неожиданно метрах в десяти появилась тощая, с длинными обвислыми и воспаленными сосцами, волчица, отправившаяся не столько на охоту, сколько отдохнуть — перевести дух от своих уже крупных, пузатых отпрысков с тонкими острыми зубками и их буйных игр. Толстушка, впервые увидев перед собой совершенно незнакомое ей существо, нисколько не испугалась, а как сидела, так и продолжала сидеть, в полном соответствии с некоторой флегматичностью своей натуры. Это-то ее и спасло. Конечно, любой из других птенцов кречетиного выводка вполне бы успел взлететь и уже тем спастись от волчьих зубов, но именно такой простой выход Толстушке и в голову не пришел. Попытка спастись бегством пробудила бы мгновенно азарт в серой хищнице, и участь птенца была бы решена. А так волчица приостановилась в какой-то нерешительности и задумчивости — не утка перед ней, тем более не гусь и не куропатка... «Шшшшжи!» — только мгновенная врожденная реакция спасла волчий глаз от удара кречетиного когтя. От неожиданности нападения и острой боли в глубоко рассеченной брови волчица резко отпрянула в сторону и, поджав хвост, во весь дух понеслась в тундру, но после новой атаки белого кречета свернула в редколесье...

\*

А Любопытный с каждым днем все дальше улетал от распадка и

однажды достиг самого верхнего конца ущелья. Здесь, на обширном крутом склоне с курумом, покрытом пятнами цветущих трав и редко растущими лиственницами, он уселся на одном из камней и стал терпеливо ждать. Почти под каждым валуном были аккуратные круглые отверстия, а там, где между камнями рос мох, угадывались еле заметные короткие дорожки, протоптанные мелкими зверьками. Уже вечерело, жара спала, от лиственниц до самой реки на сотни метров наискось убежали бледные тени. Вот из норки выглянула серая усатая мордочка с рыжей шапочкой и большими широкими ушками, замерла на секунду и — шмыг — красно-серая полевка уже скрылась под соседним камнем. Через минуту она появилась с другой стороны полуобросшего валуна, вновь короткий стремительный бросок — зверек пушистым шариком застывает под небольшим кустиком. Выставив лапы вперед, малыш кидается на полевку, но, налетев грудью на ствол куста, пружинисто его останавливающего, промахивается, а полевки уже и след простыл. Малыш вспрыгивает на ближайший камень и замирает снова. Внезапно плотная тень накрывает его сзади, опахивает тугой волной воздуха. Окружающий мир, вдруг превратившийся в черно-багровый безграничный шар, с замирающим звоном лопается где-то далеко, у родного распадка...

Беркут давно уже парил еле заметной точкой высоко в небе. Он почти не шевелил громадными крыльями. Восходящий от земли теплый воздушный поток сам унес его ввысь. Малейшее движение крыла или хвоста — и курс менялся. Орел, лениво описывая круг за кругом, оказался в нескольких километрах от своего гнезда, которое два дня назад покинул единственный птенец с белым хвостом и соломенной шапочкой на голове. Молодой орел держался еще вблизи гнезда, и беркутиха не спускала с него бдительных глаз. Беркут же вылетел на очередную охоту. В дичи недостатка не было, но опытный

хищник очень точно оценивал свои возможности. Движения Любопытного привлекли внимание беркута, и он стал медленно заходить сзади, от вершины холма и от солнца. Уже низко над землей он со все нарастающей скоростью понесся вниз — над склоном. Не тормозя, беркут на лету смахнул огромной лапой молодого кречета и, пролетев еще метров сто, уселся в нижней части курума на высокой каменной глыбе. Осмотревшись, он приступил к трапезе. Когда орел в очередной раз вытянул шею вниз, чтобы оторвать клювом новый кусок, режущий удар сзади рванул его между крыльями по натянутой спине, а кречет с шуршащим звуком ушел вверх. Потеряв равновесие, беркут упал между камнями, выпустив остатки добычи из лап, и прижался к земле. Спина медленно наливалась острой, нестерпимой болью, затуманившей глаза, а лапы, вооруженные огромными тяжелыми когтями, автоматически вытянулись вверх. Спина все больше намокала от вязкой густой крови, приклеившей перо к камням.

Яростные атаки взрослых кречетов следовали друг за другом. Когда одна из птиц со свистом пронеслась над беркутом, другая взмывала чуть не до верхней точки своей воздушной петли и тотчас переходила в очередное пикирование. Лежащий на спине под защитой своих когтей и обступивших каменных глыб беркут был неуязвим. Он почти не видел атакующих птиц, только слышал звук рассекаемого ими воздуха и ощущал его движение. Боль медленно притуплялась, взгляд прояснялся, и, когда, наконец, в течение нескольких минут атак не последовало, беркут с трудом перевернулся на брюхо. Едва он успел снова прижаться к земле, как нападения кречетов возобновились, но дотянуться до ненавистного врага без риска разбиться о камни они не могли и через несколько минут, набрав высоту, опять перешли к парению. Теперь беркут внимательно следил за ними, повернув голову набок, а когда решил, что они достаточно высоко и

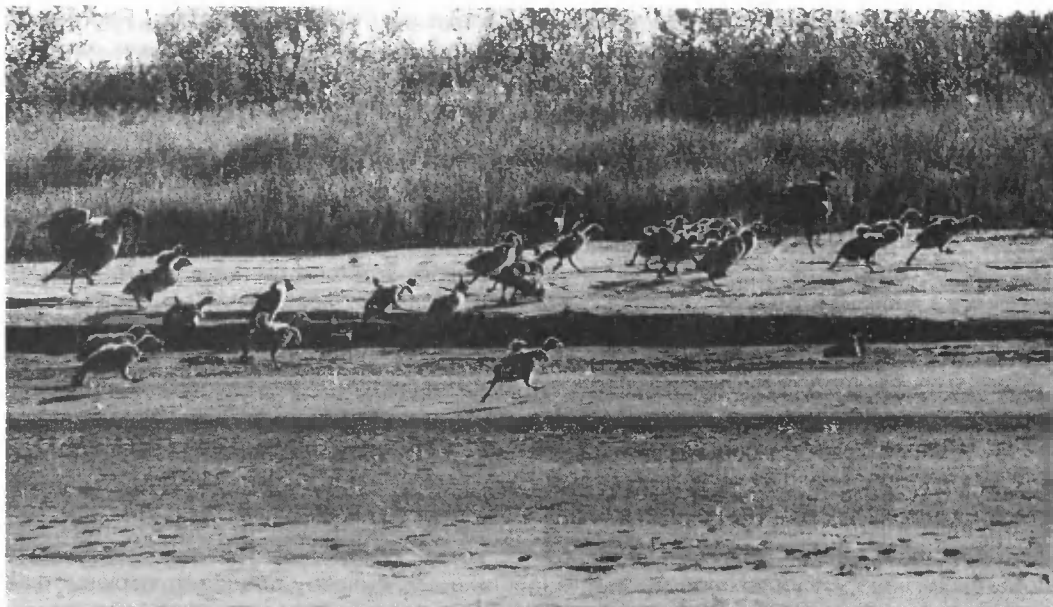
далеко в стороне, взлетел. Расставив крылья и лавируя с помощью хвоста, понесся над самым склоном вниз, к ближайшему листовничнику. Там он свернул под раскидистую низкорослую листовягу и долго еще под ней отсиживался. Затем, выбравшись из-под нее и соскользнув с обрыва, полетел над самым берегом, едва не задевая концом правого крыла дерева. Махать крыльями он не мог и парил, искусно используя малейшие движения еще теплых от земли воздушных струй. Кречеты его больше не преследовали.

Вернувшись к распадку, они заняли свои присады, криками собрав вместе оставшихся трех птенцов. Теперь родители стали еще бдительнее, а когда кто-нибудь из молодых улетал слишком далеко, следовал отрывистый крик «вэк-вэк-вэк», и кречетенки возвращались.

\*

Прошло несколько дней. Тихий вечер клонился к закату. Белый кречет сидел на высоком пне недалеко от «демаркационной» линии с зимняками, как вдруг крупная бурая птица пересекла ее и устремилась к вершине распадка, в котором отдыхало остальное семейство. Самец тут же кинулся вслед, летя над самыми верхушками листовничка. Перевалив через них, он увидел, как самка зимняка схватила на земле молодого зайца. Зверь изо всех сил бил задними лапами, но спастись уже не мог. Кречету некогда было набирать высоту, он просто спланировал на спину азартного нарушителя негласной «конвенции», одной лапой впился ему в голову, а другой в спину, и мощный клюв, замкнувшись на шейных позвонках, завершил нападение.

Овдовевший зимняк не смог в одиночку вырастить своих птенцов. Два дня он пытался успевать и кормить их, и нести караульную службу, но леммингов было этим летом чрезвычайно мало, у воробьиной молодежи окрепли крылья, и на



*Пискульки — птенцы и родители. Застигнутые врасплох на мелком плесе неожиданно появившейся из-за острова байдаркой они стремятся как можно скорее пересечь песчаный пляж и подобру-поздорову скрыться в травяных и кустарниковых зарослях.*

*Фото автора*

охоту уходило слишком много времени. Когда на третий день зимняк в очередной раз вернулся к гнезду с полуоперенным гусенком в лапах, оно оказалось пустым — серебристые чайки не дремали... Почти до конца августа осиротевший зимняк продолжал держаться на гнездовом участке и даже вяло охранял его, но вел себя все осторожнее и наконец откочевал куда-то в более «грызунячье» место.

\*

Уже восьмого августа резко похолодало, в горах выпал снег, по ночам в ущелье стали частыми заморозки. Утром от прогретой в июле воды поднимался густой туман. Перелиняли уже чуть не все крохали, через неделю закончится линька и у гусей, которые сбились теперь в большие стаи и держались значительно смелее.

Молодые гуси тоже через неделю должны стать на крыло.

В середине августа зарядили дожди и задули почти ураганные ветры. Река взбухла на два с лишним метра. Мутная вода несла мелкий растительный мусор, ветки, коряги, кусты и целые листовенницы, рухнувшие с подмытых берегов. В конце месяца большая часть гусей покидает эти места до следующего лета. Вместе с ними исчезают береговушки, крачки, поморники, желтые трясогузки, а там и многие другие птицы.

Но вот наступил и сентябрь. Стремительно прибывают ночи, такие короткие еще в августе, все регулярнее крепкие ночные заморозки. После промозглых утреников дольше и дольше по логам да низинам держится на стеблях густого высокотравья пушистый искристый иней. На таких участках все меньше остается зелени, тут и там появляются желтые и бурые пятна.

Зато к середине месяца ярко и многоцветно становится по высоким местам — склонам холмов, в сухой тундре, по листовенничным рединам и даже песчаным выдувам, где ярко-



желтые кустарничковые карликовые ивы соседствуют с кроваво-красными подушками толокнянки.

Трудно оторвать глаз от неистового великолепия осенних красок и неповторимых закатов, не надышаться ее бодрящим терпким воздухом, словно омывающим родниковой свежестью.

Но недолго предзимнее пиршество осени...

Всю ночь на пятнадцатое сентября лил уверенный крупный дождь, усиливался ветер. Под утро, наконец, дождь иссяк, но ветер еще дул, особенно там — высоко над землей: он быстро гнал темно-фиолетовые тучи на запад, все более и более уплотняя их. И вдруг над горизонтом, среди непробиваемой, казалось бы, нависшей тьмы, появляется тонкий, постепенно расширяющийся белесый просвет. Он все растет и растет, уже почти достигает зенита передним краем. Черная же утрамбованная машина над головой, гигантским мостом пересекая весь небосвод, сделалась настолько осязаемо крепка, что, кажется, выдержала бы на себе любую танковую армаду...

Но вот по восточному краю злоеший мост весь вспыхивает от горизонта до горизонта, а через несколько минут ослепительно выглядывает и солнце. Вершины лиственниц, напоенных влагой, начинают сиять в его лучах словно внутренним фантастическим светом: серебристым, желтым, нежно-салатовым, ярко-оранжевым, темно-зеленым... Кусты рябин, такие бурые и невзрачные в темных предрассветных сумерках, теперь загораются неистовым пламенем, языки которого мечутся в порывах ветра.

Просушив совместными усилиями тундру и склоны, ветер и солнце именно сегодня устроили самый блистательный, но и последний выход красавице-осени. Наверное, все оттенки желтого, зеленого, сиреневого, фиолетового, розового и красного использованы в царственном ее прощальном наряде: уже на следующую ночь жестокий, хоть и недолгий мороз притушит яркие краски и окончательно разделается с зеленым...

В поздней осенней поблекшей тундре становится все пустынее. Лишь изредка одиночный зимняк проплывет в высоту да взлетит невдалеке с голой вершины семейка рогатых жаворонков. По озерам птиц больше: выводки морянок, синег, турпанов, гагар. С обросших травами мелководных заливов поднимаются стайки чирков и длинношеих шилохвостей, а на большом озере неторопливо плавают семейство лебедей. Многие птицы улетели, другие собираются в стаи по речным поймам, кустарниковым зарослям, вдоль берегов.

\*

Уже по пути к ущелью встретилось нам два как будто бы распадающихся выводка кречетов. Но, может быть, это — лишь обманчивое впечатление? Просто молодые стали самостоятельнее и не все время летают «за ручку» с родителями?

Первого молодого сокола из знакомого семейства мы встретили в десяти километрах выше по реке, а еще километра через два над нами пролетел второй. Вечером, разбив лагерь невдалеке от покинутого гнезда, в течение нескольких часов мы осматривали известные нам присады птиц. За короткое наше отсутствие здесь прибавилось костей разных уток, в том числе двух больших крохалей, остатков куропаток, золотистых ржанок и других крупных куликов, одного молодого ворона. Уже почти в темноте, когда палатку и все вокруг покрыл плотный слой инея, негромко покрикивая, словно здороваясь, низко над головой описал несколько небольших кругов третий молодой кречет. Затем он перелетел на другой берег и сел на скалистом уступе совсем рядом с гнездом. Через день мы переселились на противоположный берег. Еще два дня провели здесь, ловили грызунов, осматривали кречетиные присады, бродили по окрестностям. Среди прочих нашли свежие остатки зайца и еще одного молодого ворона, совсем недавно разодранного кречетами. На

второй день встретили пару взрослых воронов: птицы упорно держались там, где потеряли молодых — может быть, надеялись их найти?

Двадцать второго сентября рано утром мы свернули лагерь. Упаковываем вещи в байдарку. И тут с севера доносится знакомый крик: над другим берегом гоняются друг за другом два молодых кречета. То набирая высоту, то поочередно пикируя друг на друга, они постепенно перемещаются вправо, с трудом уже видны в бинокли и, наконец, исчезают за поросшей лиственницами высокой гривой. Но тут же из-за холма вылетают и знакомые взрослые птицы, и третий птенец. Они летят в том же направлении, что и первая пара, но дальше от нас. Их путь будет пролегать где-то у беркутино гнезда, и мы напряженно продолжаем следить за ними. Вот они уже над гнездом, и откуда-то появляется беркут, снижается, а кречеты по очереди пикируют на него, вынуждая сесть на землю, и пролетают дальше.

Выводок кречетов не распался. Впереди у него долгий путь, на котором много добычи и очень много тяжелых испытаний. Жизнь полна трагедий, ибо всегда ходит рядом со смертью. И мы желаем этим великолепным птицам удачи.

\*

А через два дня, сплавившись до впадения в большую реку двух тундровых рек, мы стали лагерем и несколько дней экскурсировали в его окрестностях.

Оказывается, облюбовавший эти места еще зимой молодой кречет,

которому теперь было шестнадцать месяцев, даром не терял времени — к нему присоединилась молодая самка, а на следующий год они, возможно, здесь загнезятся. По обоим речкам кое-где выходят скалы и образуют небольшие каньоны. Тут ежегодно, даже если нет леммингов, гнезятся зимняки, так что новой паре кречетов не составит труда найти подходящее гнездо на одном из скалистых уступов. Здесь нет того изобилия разных птиц, которое было вокруг ущелья по широченной речной пойме, в прилегающих лиственничных редицах и на многочисленных озерах. Но все же хватает куропаток. По небольшим речным плесам с травянистыми луговинами летом много пискулек, есть речные утки, синьга, морянка, морская чернеть и средний крохаль. В тундре же масса золотистых ржанок, а вблизи рек — турухтанов и других куликов. Зато и меньше опасностей, легче охранять гнездо и проще охотиться. В самом конце сентября мы распрощались и с этой парой, мысленно пожелав удачи и им, и заспешили к стационару, дабы не оказаться отрезанными от него шугой, а то и ледоставом.

Загнезятся ли эти молодые кречеты на выбранном ими участке? Раньше, за все годы наших работ, мы никогда не встречали там кречетиных гнезд.

\*

Но мои сомнения оказались напрасными. На следующий год кречеты действительно здесь загнездились и с тех пор ежегодно продолжают семейную жизнь на этом новом для них месте.

# Спин-пайерлс

А. Н. Васильев

*Есть около 3500 различных видов пресмыкающихся: 1645 — ящериц, 1575 — змей, 23 — крокодилов, 201 — черепах и 1 — ящерогадов. Замечательный во всех отношениях ящерогад напоминает, правда, по своей внешности, ящериц, но в своем внутреннем строении соединяет признаки различных отрядов. Этот единственный переживший остаток давно исчезнувшего мира достоин внимания таким длинным рядом предков, какого нет ни у одного другого позвоночного на Земле.*

А.Брем

## ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВИДОВ. ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС

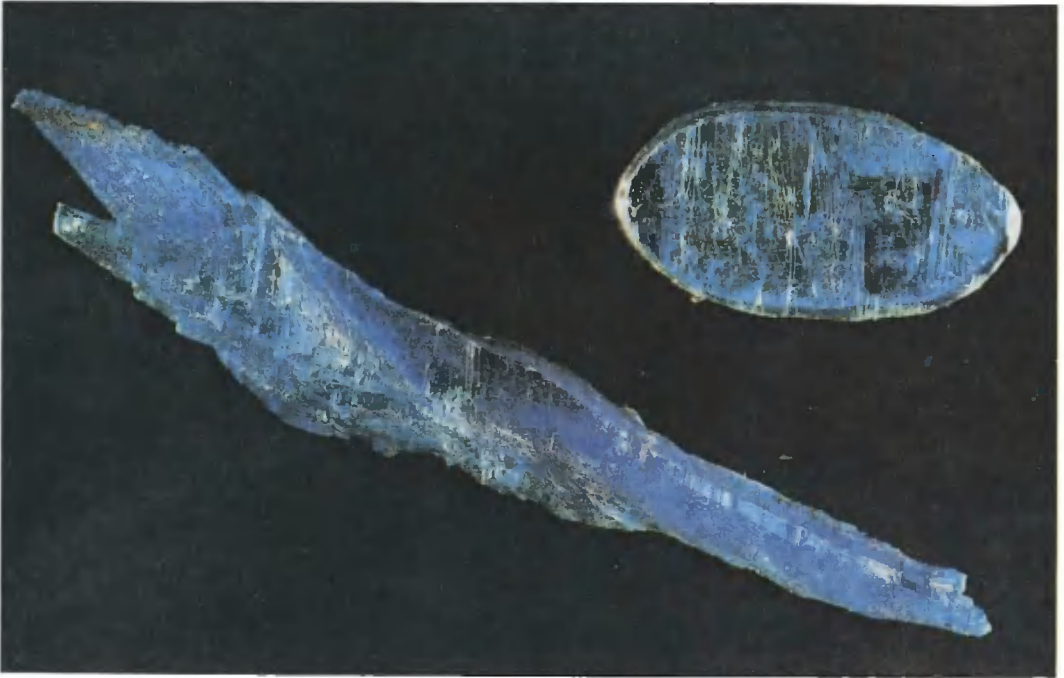


*Александр Николаевич Васильев, профессор, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой физики низких температур и сверхпроводимости физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Область научных интересов — квантовые явления в твердых телах.*

В 1931 г. будущий нобелевский лауреат, а в то время молодой немецкий физик Х.А.Бете работал в Кембридже. Квантовая механика делала тогда лишь первые шаги в объяснении свойств кристаллов, и одним из таких шагов стало известное положение Бете о том, что линейная цепочка магнитных моментов, связанных обменным взаимодействием  $J$ , не упорядочивается даже при стремлении температуры к абсолютному нулю. Это парадоксальное с точки зрения классической механики утверждение следует из того, что нарушение магнитного порядка при любой конечной температуре может оказаться энергетически выгодным. С точки зрения свободной энергии системы проигрыш в магнитной энергии  $\sim 2J$ , обремененный перевороту спина в одном из  $N$  узлов цепочки, всегда может быть скомпенсирован выигрышем, вызванным ростом энтропии<sup>1</sup>  $\sim T \ln N$ . Другими словами, энерге-

© А.Н.Васильев

<sup>1</sup> Здесь постоянная Больцмана  $k$ , а ниже и магнетон Бора  $\mu_B$  полагаются равными единице.



*Рис. 1. Монокристаллы  $\text{CuGeO}_3$ , выращенные из раствора в расплаве (вытянутый) в Институте физики твердого тела (Токийский университет, Япония) и методом плавающей зоны (овальный) в Лаборатории химии твердого тела (Университет Пари-Зюд, Франция).*

тически выгодным оказывается появление элементов хаоса в упорядоченном расположении магнитных моментов при сколь угодно низких температурах. Такая нестабильность в поведении одномерной магнитной цепочки при низких температурах противоречит представлению о том, что любая система многих частиц в своем стремлении занять при температуре абсолютного нуля положение с наименьшей возможной энергией упорядочивается. Но природа не допускает противоречий, и линейные цепочки магнитных атомов находят выход в некотором усложнении структуры одномерного упорядочения, следствием чего становится радикальное изменение магнитных свойств.

Пример подобного поведения подает линейная цепочка атомов, испытывающая с понижением температуры

переход из проводящего состояния в непроводящее. Этот переход носит имя английского физика Р.Э.Пайерлса, впервые его предсказавшего. Если каждый атом в цепочке содержит один электрон на внешней оболочке и волновые функции этих электронов перекрываются, то образующаяся зона проводимости одномерного металла заполнена ровно наполовину. С понижением температуры, однако, цепочка с эквидистантным расположением атомов и наполовину заполненной зоной оказывается энергетически менее выгодной по сравнению с цепочкой, в которой расстояния между атомами попеременно чередуются (альтернируются) —  $u_{1,2} = u_0(1 \pm \epsilon)$ . В этом случае период цепочки удваивается, а зона расщепляется на две: между вновь образовавшимися зонами появляется энергетическая щель, и нижняя зона оказывается заполненной целиком. Описанный Пайерлсом переход металл—диэлектрик в одномерной цепочке происходит из-за того, что сопровождающий альтернирование решетки проигрыш в упругой энергии  $\sim \epsilon^2$  компенсируется выигрышем в энергии

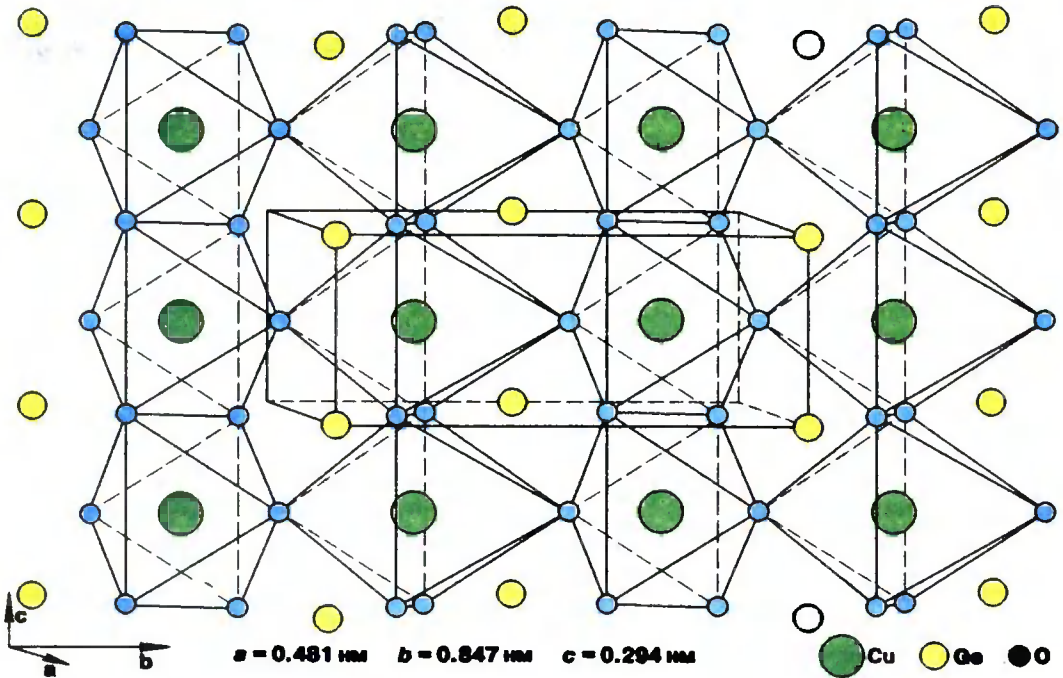


Рис.2. Структура  $\text{CuGeO}_3$  в однородной фазе.

электронов  $\sim \varepsilon^2 \ln(\Omega/\Delta)$ , где  $\Omega$  — ширина зоны проводимости, а щель в энергетическом спектре электронов  $\Delta$  предполагается пропорциональной смещению  $\varepsilon$ .

Надо сказать, что такие, на первый взгляд, далекие друг от друга явления, как переход металл—диэлектрик в одномерной цепочке и переход металла в сверхпроводящее состояние, определяются по сути одними и теми же константами электрон-фононного взаимодействия. По этой причине, в частности, в одномерной цепочке отношение величины щели  $\Delta$  к температуре перехода в непроводящее состояние  $T_C$  оказывается таким же, как аналогичное отношение в модели Бардина—Купера—Шриффера (БКШ) для сверхпроводимости.

Магнитный аналог перехода металл—диэлектрик в одномерной цепочке атомов с полуцелочисленными спинами — спин-пайерлсовский переход. Его суть заключается в том, что флуктуации в расположении связанных

антиферромагнитным взаимодействием магнитных моментов в одномерной цепочке вызывают за счет магнитоупругой связи нестабильность решетки. Удвоение периода кристаллической решетки, происходящее при спин-пайерлсовском переходе, стабилизирует структуру и исключает флуктуации магнитной подсистемы, поскольку образующиеся димеры не обладают магнитным моментом, а в спектре возбуждений альтернированной магнитной цепочки открывается энергетическая щель. Отношение величины этой щели  $\Delta$  к температуре перехода в немагнитное состояние  $T_C$  также описывается моделью БКШ<sup>2</sup>.

#### ОСОБЫЙ КЛАСС СОЕДИНЕНИЙ

Впервые спин-пайерлсовский переход наблюдался в квазиодномер-

<sup>2</sup> В одномерной цепочке целочисленных спинов наблюдается другое явление, описанное в 1983 г. Ф.Холдейном. В спектре элементарных возбуждений такой цепочки при низких температурах открывается энергетическая щель, а проекция магнитного момента на любое направление магнитного поля в основном состоянии равна нулю.

ных металл-органических соединениях еще в 70-е годы, однако экспериментальные трудности работы с такими веществами не позволили тогда провести всестороннее исследование этого явления. Новый всплеск интереса к магнитным квантовым флуктуациям возник после того, как ученые Токийского университета обнаружили спин-пайерлсовский переход в неорганических соединениях: сначала в германате меди<sup>3</sup>  $\text{CuGeO}_3$ , а затем в ванадате натрия<sup>4</sup>  $\text{NaV}_2\text{O}_5$ . Некоторые из известных к настоящему времени спин-пайерлсовских магнетиков перечислены в таблице, в которой сложные металл-органические комплексы представлены общепринятыми аббревиатурами: например, TTF-AuBDT — тетратиафульвалениум-бис-перфлюорометилэтилендитиолатозолото, MEM-(TCNQ)<sub>2</sub> — метилэтилморфолиниум-дитетрацианохинодимертан. В этой таблице обращает на себя внимание высокое значение отношения  $2\Delta/T_C$  в  $\text{NaV}_2\text{O}_5$ , величины такого порядка характерны для высокотемпературных сверхпроводников.

Спин-пайерлсовским магнетикам присущ целый ряд универсальных свойств, позволяющих выделить их в особый класс соединений. Кроме того, каждое из них обладает и некоторыми специфическими чертами, обязанными главным образом особенностям строения их кристаллических структур.

Остановимся вначале на универсальных свойствах веществ, испытывающих спин-пайерлсовское превращение:

- с переходом в димеризованное состояние возникают статические искажения структуры, сопутствующие альтернированию магнитных цепочек;

- образование димеров сопровождается резким изотропным уменьшением парамагнитной восприимчивости;

- в спектре магнитных возбуждений димеризованного состояния открывается энергетическая щель;

- в приведенных координатах

Таблица

**Энергетические параметры некоторых металл-органических и металл-оксидных соединений, испытывающих спин-пайерлсовское превращение**

Соединение	Температура перехода $T_C$ , К	Энергетическая щель $\Delta$ , К	$2\Delta(0)/T_C$	Обменный интеграл $J$ , К
TTF-AuBDT	2	3.7	3.70	68
TTF-CuBDT	12	21	3.50	77
$\text{CuGeO}_3$	14	24.5	3.50	121
MEM-(TCNQ) <sub>2</sub>	17	28	3.29	106
SBTTF-TCNQCl <sub>2</sub>	38	67	3.53	160
$\text{NaV}_2\text{O}_5$	35	113.7	6.50	550

<магнитное поле — температура> спин-пайерлсовские магнетики описываются единой фазовой диаграммой.

Специфика в поведении каждого конкретного спин-пайерлсовского магнетика определяется прежде всего «степенью» его одномерности. Сколь далеко ни были бы расположены друг от друга в кристалле магнитные цепочки, их взаимодействия при низких температурах могут усложнить сценарий перехода в немагнитное состояние. По этой причине, в частности, многие квазиодномерные магнитные соединения не испытывают спин-пайерлсовского превращения. Наиболее подробно к настоящему времени исследован спин-пайерлсовский переход в германате меди  $\text{CuGeO}_3$ , и главным образом на его примере мы проиллюстрируем основные черты этого квантового явления.

#### ЧТО ПРОИСХОДИТ В ГЕРМАНАТЕ МЕДИ?

Внешний вид монокристаллов  $\text{CuGeO}_3$ , выращенных из раствора в расплаве и методом плавающей зоны, показан на рис.1. Их интенсивно голубой цвет обязан своим происхождением широкой полосе поглощения на границе инфракрасной и красной областей спектра, генетически связан-

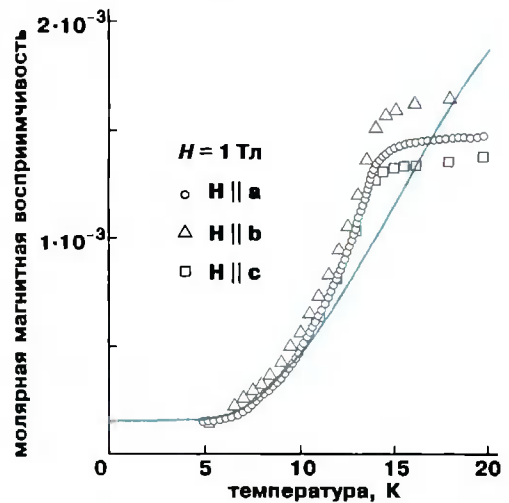
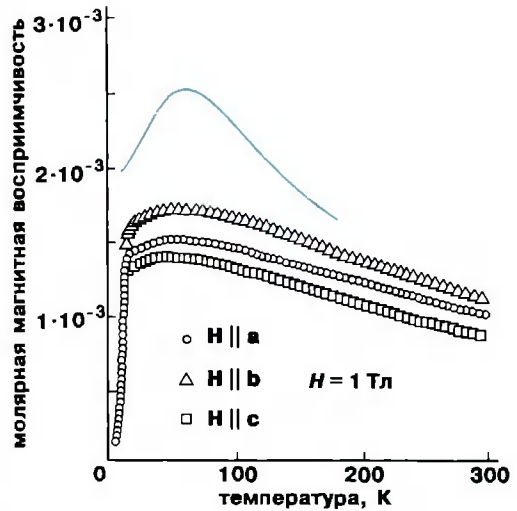
<sup>3</sup> Hase M., Terasaki I., Uchinokura K. // Phys. Rev. Lett. 1993. V.70. P.3651.

<sup>4</sup> Isobe M., Ueda Y. // J. Phys. Soc. Jpn. 1996. V.65. P.1178.

Рис.3. Температурные зависимости магнитной восприимчивости монокристалла  $\text{CuGeO}_3$  вдоль главных кристаллографических осей. На верхнем рисунке цветом показан расчет по модели Боннера и Фишера для одномерной цепочки квантовых спинов, связанных антиферромагнитным взаимодействием с  $J_c = 88$  К. На нижнем рисунке цветом показан расчет по модели Булаевского для альтернированной цепочки квантовых спинов с  $J_c^2/J_c^1 = 0.71$ .

ной<sup>5</sup> с внутриконтинуальными  $d-d$  переходами в ионах  $\text{Cu}^{2+}$ . Это соединение, содержащее две формульные единицы на элементарную ячейку, имеет орторомбическую структуру с параметрами решетки при комнатной температуре  $a = 0.481$  нм,  $b = 0.847$  нм,  $c = 0.294$  нм. В представленной на рис.2 структуре германата меди цепочки медь-кислородных октаэдров и разделяющие их цепочки германий-кислородных тетраэдров вытянуты вдоль оси  $c$ . В направлении оси  $a$  элементы структуры  $\text{CuGeO}_3$  связаны весьма слабо, и поэтому германат меди легко расслаивается на тонкие пластины. Носителями спинового магнитного момента  $S = 1/2$  в этом соединении служат ионы меди  $\text{Cu}^{2+}$  с незаполненной  $d$ -оболочкой ( $3d^9 4s^2$ ). В направлении оси  $c$  эти ионы связаны антиферромагнитным сверхобменным взаимодействием через два иона кислорода  $\text{O}^{2-}$ . Угол, образуемый ионно-ковалентными связями  $\text{Cu-O-Cu}$ , близок к  $90^\circ$ , что приводит к сильной зависимости величины обмена от деформаций в комплексах  $\text{CuO}_2$ .

Необычное для магнетиков поведение германата меди было обнаружено М.Хасе, И.Терасаки и К.Учинокурой при изучении магнитной восприимчивости монокристаллов этого соединения. Как показано на рис.3, с понижением температуры при  $T_M = 56$  К наблюдался характерный для низкоразмерных систем широкий максимум парамагнитной восприимчивости, а при  $T_C = 14.3$  К вдоль всех кристаллографических направлений происходило ее резкое уменьшение. До нуля, однако,



магнитная восприимчивость не спадает: остаточную парамагнитную восприимчивость при низких температурах обычно связывают с не зависящим от температуры ван-Флекковским парамагнетизмом и со вкладом дефектов, подчиняющимся закону Кюри<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Попова М.Н., Сушков А.Б., Голубчик С.А. и др. // Журн. эксперим. и теорет. физики. 1996. Т.110. С.2230.

<sup>6</sup> В качестве дефектов могут выступать границы доменов, отвечающих различной нумерации димеров. Действительно, димеризация решетки может проходить либо по схеме 1—2, 3—4, 5—6, либо по схеме 2—3, 4—5, 6—7. На границе таких двух доменов остается неспаренный магнитный момент.

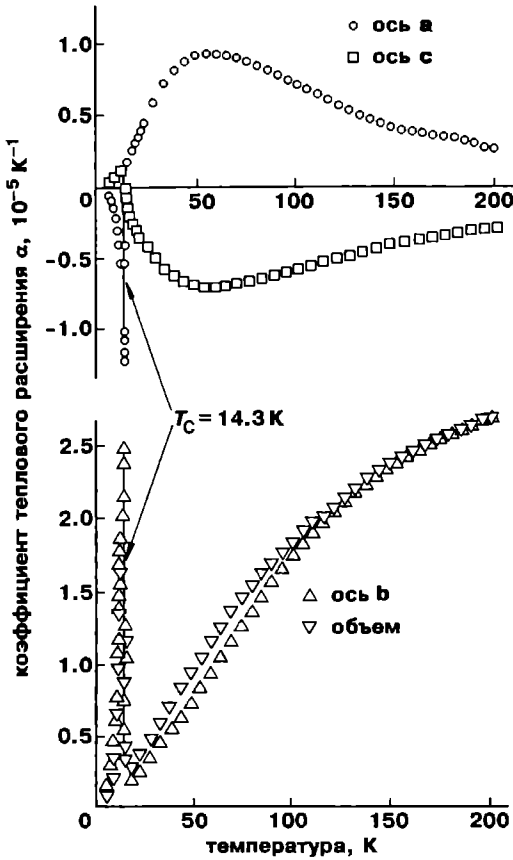


Рис.4. Температурные зависимости объемного и линейных коэффициентов теплового расширения  $\text{CuGeO}_3$  вдоль главных кристаллографических осей  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Немонотонные изменения этих параметров наблюдаются при температуре спин-пайерсовского перехода ( $T_C = 14.3 \text{ K}$ ) и в области формирования квазиодномерных структурных флуктуаций ( $T_M \sim 56 \text{ K}$ ).

Сопоставление с квантовой моделью цепочки полужелочисленных спинов<sup>7</sup> позволяет с помощью выражения  $T_M = 0.64J_c$  оценить величину обменного интеграла между ближайшими соседями  $J_c \sim 88 \text{ K}$ . Надо сказать, однако, что между экспериментальными данными при высоких температурах и этим известным расчетом Дж.Боннера и М.Фишера для модели чисто одномерной цепочки наблюдаются некоторые различия. Это может быть связано как с магнитоупругими эффектами, проявляющимися задолго до

<sup>7</sup> Bonner J., Fisher M.E. // Phys. Rev. 1964. V.135. P.A640.

Рис.5. Температурная зависимость обратной длины корреляции, отвечающая флуктуациям димеризации в однородной фазе при  $T \geq T_C$  (из эксперимента по рассеянию рентгеновских лучей), и температурная зависимость интенсивности дополнительных рефлексов, отвечающих димеризации решетки при  $T < T_C$  (из эксперимента по рассеянию нейтронов).

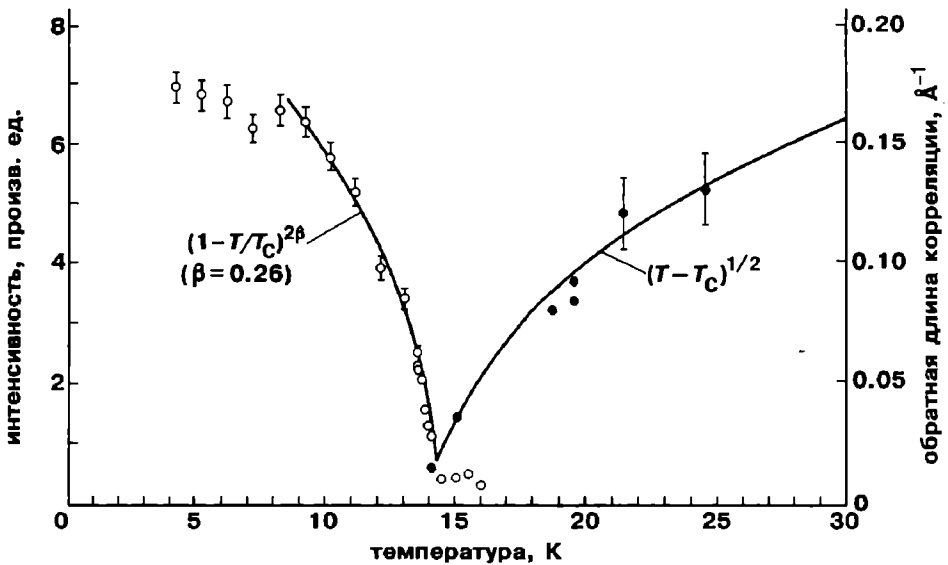
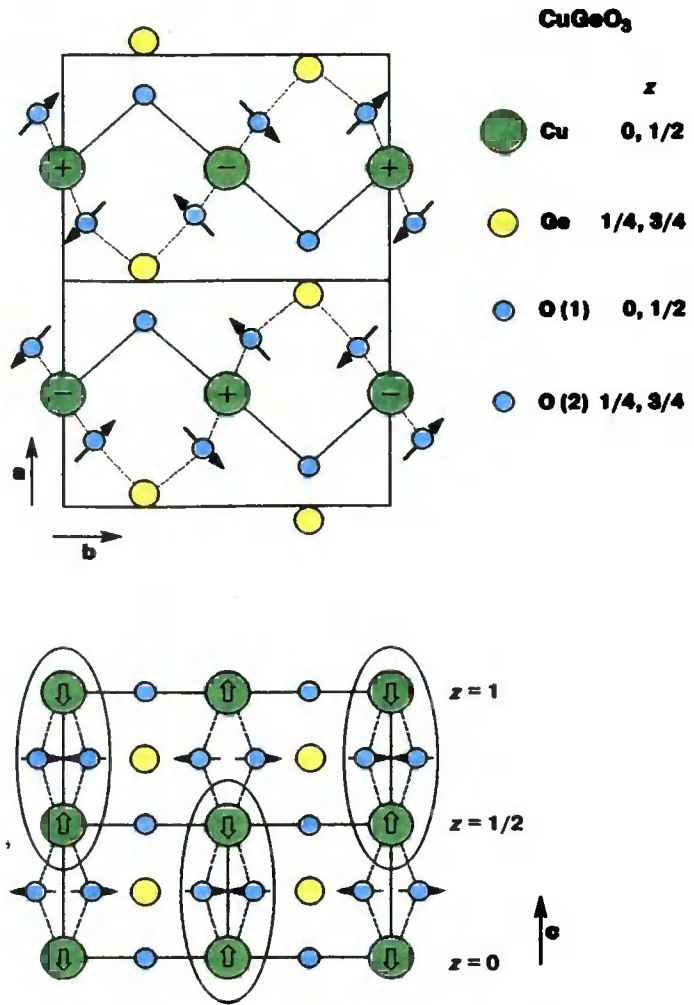




Рис.6. Структура  $\text{CuGeO}_3$  в димеризованной фазе. Символы ( $\rightarrow$ ), (+) и (-) указывают направления атомных смещений. Для наглядности атомы смещены в 10 раз сильнее, чем это происходит в действительности.



достижения критической температуры, так и с вкладом обменного взаимодействия не только ближайших соседей по цепочке. Недавно Г.Кастилла, С.Чакраверти и В.Эмери<sup>8</sup> показали, что температурный ход магнитной восприимчивости  $\text{CuGeO}_3$  при  $T > T_C$  хорошо описывается моделью одномерной цепочки в предположении, что величина обменного интеграла, характеризующего взаимодействие следующих за ближайшими соседями по цепочке,  $J_c^{1,2} = 0.2J_c$ . Интегралы взаимодействия

между цепочками вдоль главных кристаллографических направлений  $a$  и  $b$  были оценены в экспериментах по рассеянию нейтронов<sup>9</sup>:  $J_a = 0.1J_b = 0.01J_c$ . Именно последние соотношения между величинами характеризуют «степень» одномерности магнитной структуры германата меди. Ход магнитной восприимчивости при  $T < T_C$  позволил, согласно модели Л.Н.Булаевского<sup>10</sup>, оценить величину энергетической щели  $\Delta(T) = 1.64\delta(T)J_c$ , открывающейся в спектре элементарных

<sup>8</sup> Castilla G., Chakraverty S., Emery V.J. // Phys. Rev. Lett. 1995. V.75. P.1823.

<sup>9</sup> Nishi M., Fujita O., Akimitsu J. // Phys. Rev. B. 1994. V.50. P.6508.

<sup>10</sup> Булаевский Л.Н. // 1969. ФТТ. Т.11. С.921.

магнитных возбуждений димеризованной системы, и определить параметр альтернирования  $\delta$  обменного интеграла в цепочке  $J_c^{1,2}(T) = J_c\{1 \pm \delta(T)\}$ . Для германата меди оказалось, что  $\delta(0) = 0.17$ , т.е.  $J_c^1/J_c^2 = 1.41$ , а  $\Delta(0) = 24.5$  К.

Спин-пайерлсовский переход в  $\text{CuGeO}_3$  сопровождается четко выраженными аномалиями многих физических свойств. В качестве примера можно привести температурные зависимости коэффициента теплового расширения  $\alpha$  вдоль разных кристаллографических направлений<sup>11</sup>. Как следует из рис.4, эти зависимости не только указывают на структурный фазовый переход при  $T_C = 14.3$  К, но и выявляют крайне необычное поведение решетки этого соединения при температурах, существенно превышающих  $T_C$ . Эксперименты по дифракции рентгеновских лучей<sup>12</sup> показали, что уже при  $T \sim T_M$  вдоль оси димеризации  $c$  возникают квазиодномерные структурные флуктуации, длина корреляции которых, как видно из рис.5, быстро возрастает по мере приближения к температуре спин-пайерлсовского перехода. Это означает, что линейная цепочка полужелочисленных спинов стремится к димеризации задолго до возникновения статических искажений решетки, являющихся принципиальной особенностью этого перехода. Такие искажения происходят не только вдоль осей  $a$  и  $c$ , где наблюдается удвоение периода кристаллической ячейки, но и вдоль перпендикулярного к цепочкам направления  $b$ . На рис.5 показана температурная зависимость интенсивности дополнительных рефлексов в нейтронографическом эксперименте, отвечающих димеризации кристаллической решетки при  $T \leq T_C$ . Наибольшие смещения при спин-пайерлсовском переходе в  $\text{CuGeO}_3$  испытывают ионы  $\text{Cu}^{2+}$  (вдоль оси  $c$ ) и ионы  $\text{O}^{2-}$  (2) (в плоскости  $(a,b)$ ). Оказалось, что вели-

чины смещений, вызывающих столь радикальные изменения магнитных свойств германата меди, очень малы: в долях постоянных решетки они составляют  $u_{\text{Cu}}^c \sim 0.0020$ ,  $u_{\text{O}(2)}^a \sim 0.0018$ ,  $u_{\text{O}(2)}^b \sim 0.0008$ . Результирующую деформацию решетки можно представить как попеременное вращение германий-кислородных тетраэдров вокруг оси  $\text{O}^{2-}$  (1) —  $\text{O}^{2-}$  (1), соединяющей ионы кислорода. Такие вращения вызывают попеременные отрицательное и положительное смещения ионов меди вдоль оси  $c$  и в конечном счете смещения, хотя и малые, ионов германия вдоль оси  $b$ . Цепочки, принадлежащие одной элементарной ячейке, димеризуются, как видно из рис.6, в противофазе, а удвоение периода кристаллической решетки происходит<sup>13</sup> не только вдоль оси  $c$ , но и вдоль оси  $a$ .

#### ПЕРЕХОДЫ, ПЕРЕХОДЫ...

До сих пор речь шла о свойствах германата меди в отсутствие внешнего магнитного поля. Если приложить магнитное поле, поведение  $\text{CuGeO}_3$  усложняется; его можно описать с помощью показанной на рис.7 универсальной фазовой диаграммы. Области U, D и I на этой диаграмме отвечают однородному, димеризованному и несоизмеримому фазовым состояниям. Схематически расположение атомов цепочки в фазах U, D и I показано на рис.8. Подчеркнем, что несоизмеримая I фаза несоизмерима не только с однородной фазой U, но и с димеризованной фазой D. В отсутствие постоянного магнитного поля при  $T = T_C$  происходит фазовый переход второго рода из фазы U в фазу D, а в

<sup>13</sup> Еще более сложная картина статических искажений реализуется при спин-пайерлсовском переходе в ванадате натрия: орторомбическая решетка этого соединения удваивается вдоль осей  $a$  и  $b$  и учетверяется вдоль оси  $c$ . В  $\text{NaV}_2\text{O}_5$  носителями магнитного момента  $S=1/2$  являются ионы  $\text{V}^{4+}$ , образующие линейные цепочки полуктаэдров  $\text{V}^{4+}\text{O}_5$  вдоль оси  $b$ . Вдоль оси  $c$  эти цепочки разделены параллельными им немагнитными цепочками  $\text{V}^{5+}\text{O}_5$ , а вдоль оси  $a$  — ионами интеркалированного  $\text{Na}^+$ .

<sup>11</sup> Winkelmann H., Gampfer E., Buchner B. et al. // Phys. Rev. B. 1995. V.51. P.12884.

<sup>12</sup> Pouget J.P., Regnault L.P., Ain M. et al. // Phys. Rev. Lett. 1994. V.72. P.4037.

Рис.7. Магнитная фазовая диаграмма спин-пайерлсовских соединений. Сплошная и штриховая линии отмечают фазовые переходы второго и первого рода соответственно.

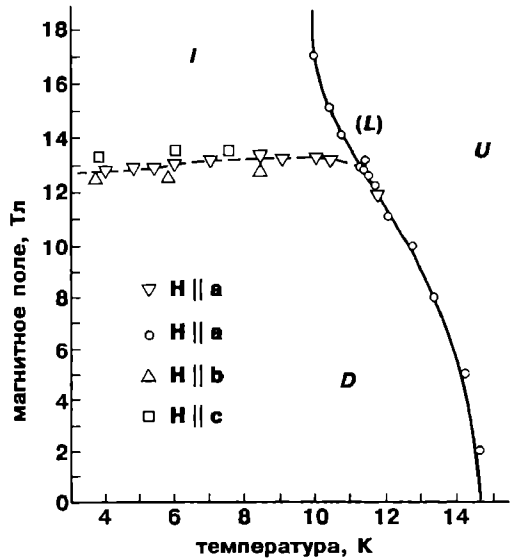
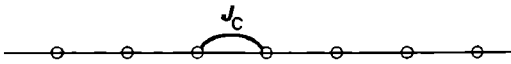
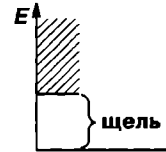
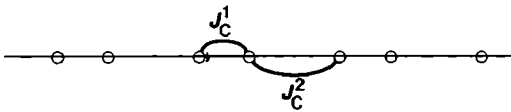


Рис.8. Расположения атомов меди в цепочках, отвечающие однородной, димеризованной и несоизмеримой фазам. Справа показаны соответствующие им энергетические диаграммы.

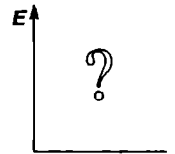
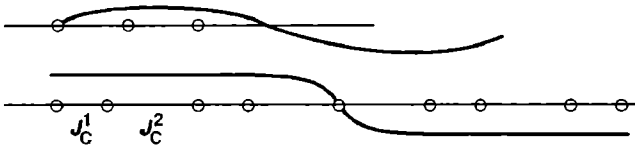
● U : однородная цепочка



● D : димеризованная цепочка



● I : несоизмеримая цепочка



первом критическом поле  $H_{C1}$  при низких температурах имеет место фазовый переход первого рода из фазы D в I. Температуре перехода U-D при  $T_C = 14.3$  K ( $H = 0$ ) отвечает поле D-I перехода  $H_{C1} = 12.5$  Тл ( $T = 0$ ). Тройная точка L на магнитной фазовой диаграмме  $\text{CuGeO}_3$  находится при  $T_L = 11.5$  K и  $H_L = 13$  Тл. При охлаждении спин-пайерлсовского магнетика в поле  $H \gg H_L$  происходит фазовый переход второго рода из однородного состояния в несоизмеримое.

Первое критическое поле связано с температурой спин-пайерлсовского перехода и величиной щели в спектре магнитных возбуждений простыми соотношениями  $H_{C1} \sim 1.48T_C/g \sim 0.84\Delta/g$ , причем в слабых полях критическая температура уменьшается пропорционально квадрату магнитного поля  $[T_C(H) - T_C(0)]/T_C(0) \sim -\{gH/[2T_C(0)]\}^2$ . Анизотропия фактора спектроскопического расщепления ( $g_a = 2.06$ ,  $g_b = 2.27$ ,  $g_c = 2.15$ ) проявляется в том, что значения критических полей в разных

кристаллографических направлениях не одинаковы. При низких температурах на полевых зависимостях намагниченности в области первого критического поля наблюдается четко выраженный гистерезис, величина которого составляет в  $\text{CuGeO}_3$  около 0.1 Тл. За скачком намагниченности германата меди в первом критическом поле  $H_{C1}$  следует затем ее монотонный рост, а в поле  $\sim 250$  Тл намагниченность  $\text{CuGeO}_3$  достигает насыщения<sup>14</sup>.

Физическая картина процессов, происходящих в спин-пайерлсовских магнетиках в магнитном поле, представляется следующим образом. По достижении первого критического поля  $H_{C1}$  часть димеров (в  $\text{CuGeO}_3$  — около одного процента) разрушается, а образовавшиеся «нормальные» магнитные моменты эквидистантно распределяются по цепочке. Гистерезис на полевых зависимостях намагниченности в области первого критического поля указывает, в частности, на возможность пиннинга (закрепления) нормальных магнитных моментов на дефектах структуры. Количество неспаренных магнитных моментов и расстояние между ними определяются магнитным полем. По мере увеличения магнитного поля число таких моментов возрастает, а расстояние между ними уменьшается. Самоорганизация несоизмеримой фазы спин-пайерлсовских магнетиков наблюдалась в рентгенографических исследованиях по появлению дополнительного периода кристаллической решетки, величина которого зависит от магнитного поля. Димеризованное состояние полностью разрушается лишь во втором критическом поле  $H_{C2}$ , энергетический эквивалент которого оказывается сравнимым с удвоенным значением обменного интеграла в цепочке  $2J_c$ . При  $H > H_{C2}$  вещество вновь оказывается в однородном состоянии, однако в этом случае все магнитные моменты направлены в одну сторону.

Поскольку причина спин-пайерл-

совского перехода — взаимодействие спиновой подсистемы со специфическими колебаниями кристаллической решетки, на температуру перехода в димеризованное состояние должен влиять изотопический состав образца. Оказалось<sup>15</sup>, что при замене естественной смеси изотопов  $69\%\text{Cu}^{63}/31\%\text{Cu}^{65}$  на тяжелый изотоп  $\text{Cu}^{65}$  температура спин-пайерлсовского перехода в  $\text{CuGeO}_3$  уменьшается на 0.1 К.

#### ПАРАЛЛЕЛИ И АССОЦИАЦИИ

Электроны в сверхпроводниках связываются в куперовские пары в пространстве импульсов, а димеры в спин-пайерлсовских магнетиках образуются в реальном пространстве. Эти пространства обратны друг другу, однако в поведении спин-пайерлсовских магнетиков и сверхпроводников второго рода прослеживается множество параллелей. Среди них — наличие первого и второго критических магнитных полей, упорядоченная структура смешанного состояния, пиннинг нормальных возбуждений и изотопический эффект. Энергетическая щель, отделяющая возбужденные состояния от основного, описывается в обоих случаях похожими выражениями с близкими значениями параметра  $2\Delta/T_c$ . Наряду с очевидной общностью проявления физических свойств спин-пайерлсовских магнетиков и сверхпроводников можно отметить и принципиальные различия. Так, например, с переходом в сверхпроводящее состояние кристаллическая решетка не испытывает характерных для спин-пайерлсовских магнетиков искажений. Это, однако, не препятствует использованию для объяснения сверхпроводимости моделей, важную роль в которых, наряду с упругими играют и магнитные взаимодействия<sup>16</sup>. Некоторые ассоциации вызывают спин-пайерлсовские

<sup>14</sup> Nojiri H., Shimamoto Y., Miura N. et al. // Phys. Rev. B. 1995. V.52. P.12749.

<sup>15</sup> Faisst A., Wosnitza J., Lohneysen H. von et al. // Z. Phys. B. 1997. V.102. P.399.

<sup>16</sup> Imada M. // Tech. Report of ISSP. 1992. № 2574 A.

магнетики и с  $He^3$  — магнитной сверхтекучей жидкостью. В поведении этого изотопа гелия при сверхнизких температурах прослеживаются свойства не только сверхпроводника и магнетика, но и жидкого кристалла.

В справочниках физических величин можно найти информацию о сотнях химических элементов и соединений, демонстрирующих переход в сверхпроводящее состояние, и о тысячах элементов и соединений, испытывающих антиферромагнитное упорядочение. Замечательный во всех отноше-

ниях германат меди  $CuGeO_3$  и, надо полагать, другие спин-пайерлсовские соединения в своем внутреннем строении объединяют признаки этих отрядов. В результате создается впечатление, что различные квантовые конденсированные состояния материи демонстрируют глубокую общность физических свойств, а это в свою очередь позволяет надеяться на появление универсальной модели, объясняющей с единых позиций сверхтекучесть, сверхпроводимость и низкоразмерный магнетизм.

## НОВОСТИ НАУКИ

Гляциология

### Зимовка на вершине Гренландии

Расположенная почти в самом центре Гренландии полярная станция «Саммит» до сих пор использовалась только в летний сезон. Здесь в 1992 г. американские гляциологи, пробуриив глубокую скважину, подняли на поверхность колонку льда длиной 3044 м, которая позволила судить о скорости накопления осадков, их химическом составе и климатических условиях, характерных для отдаленных эпох.

Единственное здание этой станции плохо приспособлено для зимовки. В связи с этим Датский полярный центр в Копенгагене получил от правительства своей страны, которая осуществляет суверенитет над Гренландией, согласие на переоборудование станции «Саммит» в круглогодично действующий метеорологический и гляциологический пункт. Первая зимовка состоится в сезон 1997/98 г., причем поначалу в составе

экспедиции будет лишь четыре человека. Затем число зимовщиков увеличится, а программа научных наблюдений помимо стандартного метеорологического набора включит и другие параметры, в частности измерение концентрации озона в «глубокой» Арктике в условиях полярной ночи. Предполагается участие американских специалистов из университетов штатов Нью-Гэмпшир и Небраска.

New Scientist. 1996. V.151. № 2038. P.10 (Великобритания).

Охрана окружающей среды

### Куда девать медицинские отходы?

Такую проблему решает сегодня Национальная Федерация охраны живой природы США (National Wildlife Federation — NWF) совместно с представителями медицинской промышленности и больниц.

Недавно в Детройте прошла конференция, организованная Центром природных ресурсов NWF и

Мичиганской ассоциацией здравоохранения. Основная ее цель — воспрепятствовать загрязнению окружающей среды ртутью, которая выделяется из медицинской аппаратуры, а также принять участие в подготовке к международной конференции в Чикаго по вопросам загрязнения воды.

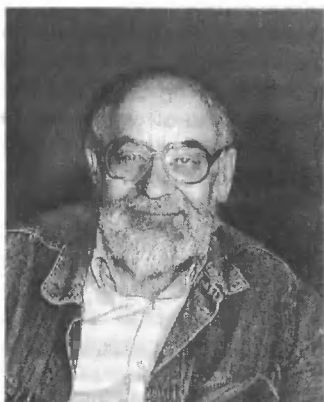
В настоящее время Национальная федерация охраны живой природы совместно с Американской медицинской ассоциацией работает над проблемой сокращения эмиссии диоксинов из пластика при его уничтожении в мусоросжигающих печах<sup>1</sup>.

International Wildlife. January—February 1997. P. 11 (США).

<sup>1</sup> Один из наиболее экологически и экономически обоснованных способов переработки бытовых, промышленных и медицинских отходов разработан российскими учеными: традиционное прямое сжигание заменено на двухстадийное; сначала производится газификация мусора (сжигание в сверхадиабатическом режиме), затем — сжигание газа. (Подробнее см. Манелис Г.Б. Сверхадиабатика // Природа. 1996. № 3—4 С.43—51).

# Знакомые и незнакомые суккуленты

А. П. Хохряков, И. Е. Синева



*Андрей Павлович Хохряков, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник филиала Ботанического сада Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Область научных интересов — адаптивная изменчивость, экология и эволюция растений.*



*Иннокентий Евгеньевич Синева, директор Ботанического сада суккулентов Туркменской опытной станции генетических ресурсов растений (Кара-Кала), главный редактор журналов «Суккуленты» и «Кактус-Клуб». Занимается проблемами экологии и эволюции суккулентов.*

**СУККУЛЕНТЫ** знакомы всем, даже тем, кто об этом не подозревает. Эти причудливой формы растения с сочными (от лат. *succus* — сок) тканями зеленых стеблей и (или) листьев, растущие в крайне засушливых и жарких странах, главным образом в тропиках, давно (со времени великих географических открытий) привлекают к себе внимание как специалистов-ботаников, так и любителей комнатных растений.

Как ни парадоксально, но все известные определения, не приводимые здесь из соображений экономии места, описывают только один критерий суккулентности, признаваемый безоговорочно всеми авторами<sup>1</sup>, — наличие сочных водозапасающих тканей в листьях или стеблях.

Недостаточность этого единственного критерия слишком очевидна, так как позволяет необъятно расширить круг суккулентов, включив в него на «законных правах» десятки тысяч видов растений с сочными (но не зелеными!) тканями, таких как луки, тюльпаны, шафраны, заразихи и многие, многие другие.

Уже сравнительно давно ботаники обнаружили, что типичные суккуленты (кактусы, толстянки и др.) отличаются от других «несуккулентных» ксерофитов особым типом метаболизма, позволяющим им тратить примерно в 30 раз меньше воды, чем «обычным» растениям<sup>2</sup>. CAM-метаболизм (CAM — Crassulacean Acid Metabolism) заключается в том, что благодаря усложнению внут-

© А.П.Хохряков, И.Е.Синева

<sup>1</sup> Горышина М. Экология растений. М., 1979. С.195; Генкель П.А. // БСЭ. 3-е изд. М., 1976. Т.25. С.59; Рейвен П. и др. Современная ботаника. М., 1990; Культиасов И.М. Экология растений. М., 1982. С.380; Jurgens N. // Mitt. Inst. Allg. Bot. 1986. Bd.21. S.139—365.

<sup>2</sup> Курсанов Л.И., Голенкин М.И. Курс ботаники. М., 1937. С.510.

ренной структуры органов ассимиляции процесс фотосинтеза протекает в две стадии. На первой стадии фотосинтезирующие клетки суккулентов фиксируют  $\text{CO}_2$  в темноте (при обычных типах фотосинтеза  $\text{CO}_2$  поглощается в дневные часы) с помощью фосфоенолпируваткарбоксилазы с образованием органических кислот, которые запасаются в вакуолях тех же клеток. Затем, в течение дня, когда устьица закрыты,  $\text{CO}_2$  высвобождается и включается в цикл Кальвина — далее фотосинтез протекает по традиционной схеме.

**Итак, понятие суккулентности, на наш взгляд, включает наличие водозапасающих тканей в зеленых органах ассимиляции (листьях и стеблях) и особого, САМ-типа, метаболизма, позволяющего экономно тратить запасенную влагу.** Такое определение ограничивает круг суккулентов и отличает их от четырех других групп растений, распространенных в сухих биотопах: эфемеров, эфемероидов, склерофитов и пойкилогидрических (высыхающих) растений. Последние, представленные в основном мхами, лишайниками и водорослями, ведут себя подобно микроорганизмам: в отсутствие влаги высыхают, но не полностью. После смачивания быстро впитывают необходимое количество влаги и начинают вегетировать. Эфемеры развиваются лишь в короткий влажный период (например, весной), а с наступлением засухи полностью отмирают, оставляя для воспроизводства жаростойкие семена. Эти однолетники мало отличаются от «обычных», не испытывающих недостатка влаги, растений (мезофитов).

Эфемероиды, в отличие от эфемеров, — многолетние растения. Однако в целом подобны эфемерам — они развиваются только во влажный сезон года, но с наступлением сухого периода, в отличие от эфемеров, отмирают не полностью, сохраняя многолетние части. В пустынях с морозными зимами это, как правило, подземные органы: клубни, луковицы, корневища. В пустынях с теплыми зимами многолетние органы могут быть и надземными,

например «деревья-бутылки» (хоризии, баобабы и др.). Но во всех случаях отмирают ассимилирующие органы, т.е. зеленые части растений, листья или заменяющие их молодые зеленые побеги. Эфемероидам САМ-тип фотосинтеза не требуется, поскольку в отсутствие транспирации запасаемая влага надежно сохраняется под землей или под толстой корой наземных хранилищ — «каудициформ».

Склерофиты (склерофитные ксерофиты), как и суккуленты, не избегают засухи, но «борются» с ней примитивнее. Прежде всего, у них развита мощная (в десятки раз превышающая массу надземной части растения) корневая система, которая позволяет добывать необходимое количество влаги даже при относительно низком ее содержании в почве (0.5—1% от полной влагоемкости). Во-вторых, если у этих растений и есть листья, то они мелкие и жесткие (отсюда и название «склерофит», от греч. *склерос* — жесткий). И, наконец, эти растения приспосабливаются к периодическому обезвоживанию своих тканей, отчего становятся жесткими и их стебли, но тем не менее не могут существовать на совсем сухой (даже в течение не слишком продолжительного времени) почве.

В отличие от склерофитов суккуленты приспособились не просто к возрастающему дефициту влаги, а к ее полному отсутствию в окружающей среде на длительные сроки, запасая воду в тот период, когда она есть.

При совместном произрастании со склерофитами (например, злаками) суккуленты не только не конкурируют с ними за почвенную влагу, так как распространяют свои корни в верхнем, рыхлом, менее влагоемком и быстро высыхающем слое почвы, но их соседство часто жизненно необходимо для суккулентов. Так, известный среди коллекционеров кактус *Toumeyia raryracantha* растет только в куртинах злаков *Boutloua sp.* и *Sporobolus airoides*<sup>3</sup>. Только в тени склерофитов

<sup>3</sup> Reeves B. // Cactus and Succul. J. (USA). 1994. V.66. № 4.

растут и многие виды из рода *Stapelia*.

Не транспирируя днем, суккуленты приспособлены к сильному перегреву тканей. Не удивительно поэтому, что максимальная для живых растений температура покровных тканей — +65°C — была зафиксирована именно у суккулентов, у одного из видов *Opuntia* в северной Мексике<sup>4</sup>. Нельзя сказать, чтобы такие температуры были для них благоприятны, поэтому растения стараются как-то защититься от слишком жарких лучей солнца: кактусы из рода *Opuntia*, например, свои плоские листья и стебли располагают ребром к лучам солнца. Кроме того, у многих кактусов есть на поверхности собственные «зонтики» из пучков колючек и волосков, которые одновременно притеняют, защищают от нападения животных, а в некоторых случаях способствуют поглощению столь дефицитной в пустынях воды, оседающей на них в прохладные ночи. В нашем опыте мексиканский белоопушенный кактус *Cephalocereus senilis*, ко-

торый длительное время не поливался, тронулся в рост после того, как кончики его волосков стали регулярно смачивать. У суккулентов без колючек эпидермис часто белого или голубого цвета, что помогает им лучше отражать солнечные лучи от тела.

#### НЕОБЫЧНЫЕ СУККУЛЕНТЫ

Среди суккулентов существуют еще более удивительные жизненные формы. Вот, например, растения с листьями-окнами. Это тоже своего рода защита от обжигающих лучей солнца. Заключается она в следующем: у торчащих вертикально вверх листьев, на верхушках, находятся округлые или угловатые скопления прозрачных, наполненных слизью клеток, образующих так называемое «окно» и пропускающих солнечные лучи в самую глубину листа (не забудем, что лист стоит вертикально). Хлорофиллоносные (фотосинтезирующие) клетки располагаются вдоль боковых стенок внутри листа, и, следовательно, ослабленный при прохождении

<sup>4</sup> Вальтер Г. Общая ботаника. М., 1982.



Вертикальное положение листьев агавы (слева) и пеперомии спасает их от перегрева. Здесь и далее фото А.Б.Карташева и И.Е.Синева



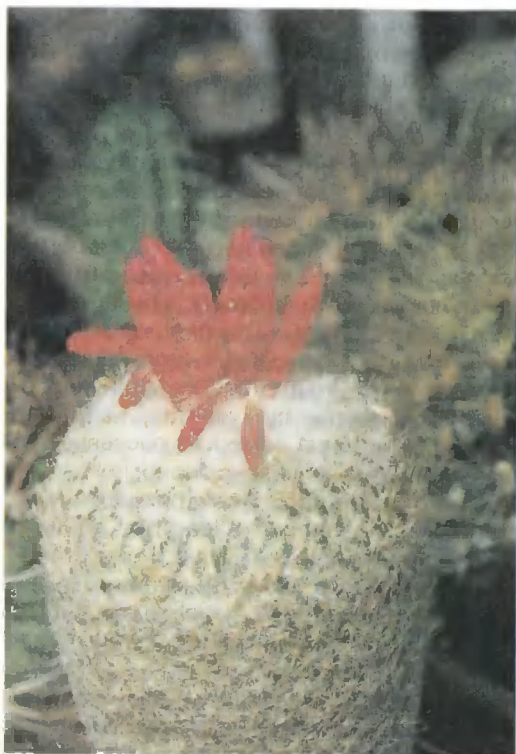


Белое опушение листьев эхеверии (слева) и стеблей кактуса эпителианта эффективно притеняет эти растения от чрезмерной инсоляции.

через слизистые ткани свет к ним доходит не снаружи, а изнутри.

Такие оригинальные приспособления есть у листовых суккулентов из разных семейств, но более обычны они для некоторых представителей лилейных (*Gasteria*, *Haworthia*) и айзовых (*Ophthalmophyllum*, *Lithops*). Интересно, что у некоторых из них листья-окна погружены в почву, например у видов из рода *Lithops*, — вровень с верхним его обрезом, т.е. с «окном». Недаром эти растения носят такое название (от греч. λίθος — камень), так как обнаружить их, когда они не цветут, среди окружающих камней крайне трудно.

Неверно думать, что дефицит влаги в окружающей среде присущ только пустыням. На тонких маломощных почвах, подстилаемых, например, скальными породами, дефицит влаги может возникнуть уже через неделю



после дождя. Еще менее надежно обеспечены влагой растения-эпифиты. Даже в экваториальных постоянно влажных, дождевых лесах перерыв между дождями может достигать двух и даже трех недель. В областях с муссонным климатом сухой сезон может длиться более полугода. Неудивительно, что более подробное изучение эпифитных орхидей приводит к парадоксальному выводу: почти все виды, даже в наиболее влажных экваториальных лесах — суккуленты<sup>5</sup>. Эпифитные орхидеи в течение сухого сезона теряют листья и переживают неблагоприятный период в виде так называемых псевдобульб — утолщенных, водо-запасающих частей стебля, сохраняющих способность к фотосинтезу. В отличие от настоящих «бульб» (луковиц или толстых корневищ) они зеленые.

Псевдобульбы могут иметь самую разнообразную объемную форму:

<sup>5</sup> Goh C.J., Kluge M. Gas exchange and water relations in Epiphytic Orchids // Vascular Plants Epiphyt. U. Luttge (ed.), Berlin, 1989. P.139—166.

овальную, яйцевидную, шаровидную, луковичеобразную, приплюснутую, веретеновидную. Их размеры колеблются от нескольких миллиметров до 16 см в диаметре (у *Peristeria elata*).

Внутренняя часть псевдобульб заполнена водозапасающими клетками, способными к типичному для суккулентов САМ-типу фотосинтеза. Газообмен осуществляется не через эпидермис на всей поверхности псевдобульбы, а только устьицами, которые расположены в небольшом углублении на самой верхушке. Это, конечно, существенное отличие орхидей от других суккулентов, например кактусов, устьица которых рассеяны по всему эпидермису равномерно.

У моноподиальных орхидей (как, например, у широко известной ванили) вода запасается в стеблях, и они становятся похожими на обычные стеблевые суккуленты. Однако у орхидей могут быть суккулентными и листья.

Как известно, орхидеи — растения микоризные, т.е. дающие в своих корнях приют грибам, которые и осуществляют в основном процесс минерального питания, притом там, где минералов может и не быть вовсе, а зато есть мертвые растительные остатки, охотно разлагаемые грибами. Но для успешной работы грибов необходимы не только высокая температура, но и влажность, что может быть лишь в затенении. Хотя наиболее «суккулентные» виды орхидей, например обитающих в дождевых лесах Африки, заселяют периферийную (верхнюю) часть кроны<sup>6</sup>, но все же 95% видов орхидей дождевого леса — теневыносливы. Но как это может сочетаться с суккулентностью? Иными словами, как можно объяснить становление суккулентности у микоризных и эпифитных орхидей, если они тенелюбивы?

Мы полагаем, что суккулентность возникла у наземных предков орхидей, которые хотя и принадлежат к самостоятельному порядку, но входят в надпорядок *Liliane* наравне с другими семействами однодольных, имеющих как типичных, так и не вполне типичных суккулентов

(*Liliaceae* — *Asphodelaceae*, *Amaryllidaceae* — *Agavaceae*, *Dioscoreaceae*). Это подтверждает то, что большинство примитивных (по строению цветка) орхидей — наземные виды. Значит, и микотрофность, и суккулентность имели все шансы развиться еще у наземных форм, может быть, вначале и порознь. А затем и то, и другое стало прекрасной предпосылкой для развития эпифитизма.

Во внетропических пустынях Евразии распространению «обычных» суккулентов препятствуют продолжительные морозные зимы. Поэтому встречающиеся здесь листовые и стеблевые суккуленты сбрасывают свои водозапасающие — ассимилирующие — органы перед наступлением зимы (кроме *Crassulaceae*). Весной или летом, в зависимости от начала вегетации, они отрастают вновь. Такие суккуленты мы относим к категории «факультативных». Они соединяют в себе черты склерофитов (экстенсивно развитая корневая система, способность поглощать влагу из засоленных глинистых почвогрунтов; высокое осмотическое давление клеточного сока; пониженное содержание воды в древесине) и суккулентов (количество воды в органах ассимиляции 83—96%; САМ-тип фотосинтеза; незначительные колебания содержания воды в органах ассимиляции при их усыхании).

В Заалтайской Гоби в течение нескольких лет биологию этих растений изучала Совместная советско-монгольская комплексная биологическая экспедиция АН СССР и АН МНР<sup>7</sup>. Установлено, в частности, что на более благоприятных по условиям увлажнения участках Гоби (предгорные степи) суккуленты составляют 3% от видового состава флоры. В то же время в щебнистых и гипсовых крайнеаридных пустынях (количество атмосферных осадков менее 50 мм в год) суккуленты составляют 96—99% флоры. В полосе крайнеаридных пустынь на водораздельных пространствах встречается лишь один вид — *Ilijinia regei*, создающий разреженные

<sup>6</sup> Johansson D.P. // Am. orchid soc. Bull. 1975. № 44. P. 125—136.

<sup>7</sup> Пустыни Заалтайской Гоби. Характеристика растений-доминантов. Л., 1988.

поселения. Все остальные виды сосредоточены в руслах сухих водотоков. В менее экстремальных условиях доминируют такие факультативные суккуленты, как *Calligonum mongolicum*, *Anabasis brevifolia*, *Haloxylon ammodendron*, *Zygophyllum pottanini*. Богатая флора факультативных суккулентов обнаружена нами также в некоторых районах п-ова Мангышлак.

#### ГЕОГРАФИЯ И СИСТЕМАТИКА СУККУЛЕНТОВ

Несмотря на то, что сухие и засушливые территории занимают более 35% поверхности Земли и опоясывают всю планету, тем не менее суккуленты доминируют в растительном покрове лишь в некоторых регионах. Два выраженных средоточия типичных суккулентов существуют на американском континенте: в Мексике (вплоть до крайнего юга США), а также на большом пространстве Анд и окружающих засушливых территориях в Южной Америке. Везде доминируют кактусы, но общих родов мало (только *Melocactus*, *Opuntia*). В Мексике наряду с кактусами много суккулентов из семейств агавовых и толстянковых. В Южной Америке их несравненно меньше, но больше пеперомий (из семейства *Piperaceae*).

На африканском континенте можно выделить четыре области распространения типичных суккулентов: южно-африканскую (в Капской провинции ЮАР и Намибии), сомалийскую (охватывающую весь засушливый восток континента), мадагаскарскую (на сухом западе и юго-западе острова) и канарскую (с прибрежными пустынями Северо-Западной Африки).

Наибольшим богатством отличается суккулентная флора Южной Африки. Преобладают представители семейств *Mesembryanthemaceae*, *Asclepiadaceae*, *Crassulaceae*, *Euphorbiaceae*, *Liliaceae*, а также менее многочисленные суккуленты из семейств *Arocynaceae*, *Asteraceae*, *Geraniaceae*, *Portulacaceae*. В отличие от других африканских центров здесь доминируют суккуленты *Mesembryanthemaceae* — более 2500 видов. В

остальных центрах семейство представлено единичными видами.

Мадагаскарская суккулентная флора в значительной степени обеднена. Но здесь есть эндемичное семейство *Didiereaceae* с 11 видами и расположен центр видовой разнообразия рода *Kalanchoe*.

В сомалийском регионе доминируют представители семейств *Asclepiadaceae*, *Euphorbiaceae*, *Liliaceae*, а также *Agavaceae* (род *Sansevieria*), *Asteraceae*, *Arocynaceae* и *Moraceae*.

В канарском центре доминируют *Crassulaceae* из эндемичных родов *Aeonium*, *Aichryson*, *Greenovia*, *Mucizonia* и др. и менее многочисленные виды семейств *Asclepiadaceae*, *Euphorbiaceae* и *Asteraceae*.

На первый взгляд состав суккулентов Нового и Старого Света различен, на самом же деле кактусы находятся в близком родстве как с семействами *Portulacaceae*, так и с *Mesembryanthemaceae* и *Didiereaceae* и принадлежат к одному порядку *Caryophyllales*<sup>9</sup>.

Американские агавы, юкка и другие представители семейства *Agavaceae* также находятся в достаточно близком родстве с африканскими суккулентными однодольными из родов алоэ, гастерия, гаворция, которые по новой системе А.Л.Тахтаджяна принадлежат не к лилейным, а к асфоделовым и вместе с ними входят в один порядок — *Amaryllidales*.

Очевидно, большинство (хотя и далеко не все) суккулентов более или менее родственны друг другу, в пределах как двудольных (порядок *Caryophyllales*), так и однодольных (порядок *Amaryllidales*), образуя там целые семейства растений, то очень крупные (кактусы и *Mesembryanthemaceae*), то мелкие (*Portulacaceae*, *Didiereaceae*).

Достичь «истинной» суккулентности могут растения независимо от систематического положения, т.е. от строения цветков и плодов, по которым до настоящего времени и определяется родство цветковых растений.

<sup>9</sup> Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов. Л., 1987.



**Колючки, какой бы формы они ни были, на поверхности стеблей кактусов (а — *Astrophytum senile*; б — *Echinomastus macdowellii*; в — *Lobivia fatimifensis*; г — *Turbincarpus klinkertianus*; д — *Mamillaria cadereyensis*) — надежная защита не только от солнца, но и от животных.**



Но это лишь в первом приближении и при поверхностном взгляде, так как есть немало таксонов (родов, семейств), где нет не только суккулентов, но и суккулентность никак не проявляется. Это, например, целые подклассы двудольных: *Magnoliidae*, *Hamamelidae*, *Ranunculidae* и однодольных — *Alismatidae* и *Triurididae*.

#### ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ СУККУЛЕНТОВ

Очевидно, суккулентность — качественно новый уровень в эволюционном развитии ксероморфизма, открывший новое направление адаптивной изменчивости и позволивший растениям осуществлять жизненные процессы даже в условиях периодически полного отсутствия влаги в окружающей среде. Это стало возможным благодаря усложнению внутренней структуры тканей растений, а именно: разделению основной паренхимы на хлоренхиму и водоносную паренхиму. Вспомним пример еще более сложной дифферен-

*Адаптация к недостатку влаги отразилась на структуре тканей ксерофитной флоры по-разному: слева — схема строения свернутого листа ковыля (типичного склерофита), справа — цилиндрического листа альбиции (факультативного суккулента). В последнем случае хлоренхима (показана цветом) дифференцирована от водоносной паренхимы и занимает всего 12% объема.*

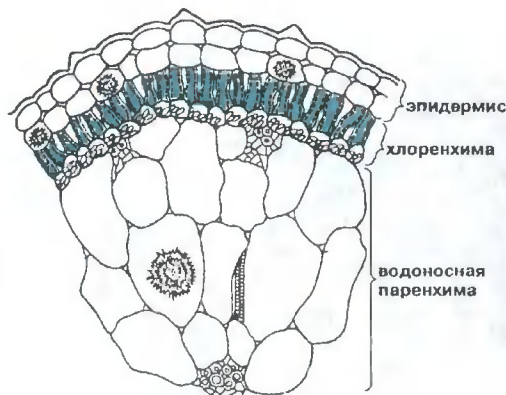


циации — «листья-окна» экзотических растений из рода *Lithops*, у которых внутренний объем сросшихся в шаровидное тело листьев заполнен полупрозрачной водоносной паренхимой, а хлоренхима сосредоточена на внутренней поверхности оболочки листа. Структурные изменения тканей сопровождались перестройкой процессов метаболизма по САМ-типу.

Совокупность этих морфологических и физиологических особенностей суккулентов обеспечивает им независимость от условий внешней среды и определяет само понятие суккулентности. Ограничивать развитие и распространение суккулентов могут лишь низкие температуры, так как ткани водоносной паренхимы неустойчивы к температурам ниже 0°C и САМ-тип фотосинтеза, как правило, эффективен при температурах выше 20°C.

Несмотря на то, что многие суккулентные виды, роды и даже семейства образуют довольно внушительные группы, это никак не решает вопроса об их происхождении, так как среди них сложно выделить примитивные типы, все они занимают достаточно высокое положение в систематике цветковых. Ну а если поискать предков суккулентов среди более примитивных растений?

Среди голосеменных и сосудистых споровых можно встретить отдельные виды с водозапасующими органами. К





Центры распространения наземных суккулентных растений: 1 — мексиканский, 2 — южно-американский; 3 — капский, 4 — мадагаскарский, 5 — сомалийский, 6 — канарский.

ним относятся виды рода *Nephrolepis* — наземного и эпифитного папоротника тропиков, у которого на корнях образуются шаровидные водозапасающие шишки. Также многие представители *Polypodiaceae* и *Davalliaceae*, как наземные, так и эпифитные, имеют мясистые корневища. Во время поездки по Юго-Восточной Азии в ноябре—декабре 1979 г. мы увидели на одной из каменных стен в Маниле (на Филиппинах) толстые и сочные корневища *Aglaomorpha*, лишь едва зеленоватые, густо покрытые сверху мелкими чешуями.

Совсем как суккулент выглядит *Davallia canariensis*, вай (тонкорасчленинные листья) которого гораздо мельче, чем у предыдущего вида, и расположены не пучком, а одиночно. Корневища этого вида стелются по поверхности почвы в виде толстых, диаметром 1.5—2 см, цилиндров, но также едва зеленоватых и покрытых чешуями. Растет этот папоротник в нижнем, довольно засушливом поясе Канар. Мы обнаружили его там в октябре 1982 г.

В Колхиде в течение ряда лет мы наблюдали за другим папоротником, *Polypodium australe*. Его небольшие вай сменяются (старые прошлогодние от-

мирают, а новые начинают разворачиваться) в августе, причем в засушливые годы отмирание идет быстрее, а разворачивание — позже, так что утолщенное корневище около месяца может существовать без листьев.

Конечно, между упомянутыми папоротниками и цветковыми никакой прямой связи быть не может, тем не менее приведенные примеры показывают, что суккулентность могла возникнуть «частями», постепенно и не всегда в связи с экстремально-сухими климатическими условиями, а скорее местными, экологическими. В основе ее, однако, всегда лежит одно и то же: способность к водозапасаению.

Что же касается эволюционных процессов среди самих суккулентов, то для их лучшего понимания целесообразно ввести понятие «коэффициент эффективности водозапасаения»<sup>9</sup> ( $K_{эв}$ ), который определяется отношением объема водозапасающего органа к площади его транспирирующей поверхности:  $K_{эв} = V/S$ .

Именно площадь транспирирующей поверхности (при неизменном объеме) определяет продолжительность существования суккулента в отсутствие увлажнения. Известно, что среди тел с

<sup>9</sup> Синев И.Е. // Бюл. Пархайского ботан. сада. 1991. № 2. С.33—40; Синев И.Е. Краткий справочник родов водозапасающих растений. Ашхабад, 1993.



*Голубой цвет эпидермиса Melocactus azureus хорошо отражает солнечные лучи и уменьшает перегрев растения.*



*На плоской поверхности кончиков листьев Lithops localis хорошо видны точки «окошек» (водозапасающие клетки), сквозь которые солнечные лучи проникают внутрь листьев к несущим хлорофилла клеткам.*

равным объемом минимальной площадью поверхности обладает шар. С увеличением линейных размеров шара, равно как и других объемных тел, наблюдается неуклонный рост  $K_{эв}$ , пропорциональный их размерам. Это означает, что:

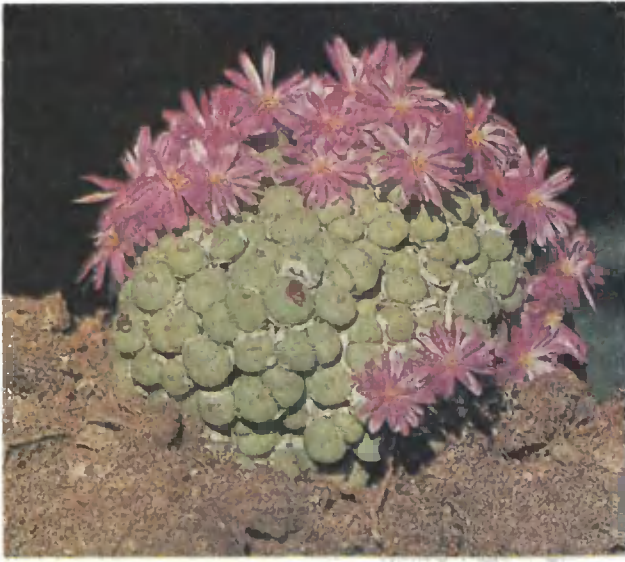
— в пределах шаровидной формы  $K_{эв}$  возрастает с увеличением диаметра тела суккулента;

— для плоских тел рост  $K_{эв}$  пропорционален утолщению и слабо зависит от увеличения поперечных размеров плоского органа;

— для цилиндрических тел рост  $K_{эв}$  пропорционален диаметру и не зависит от длины цилиндрической части.

Таким образом, в безводных пустынях растениям-суккулентам вы-





Образование плотного скопления побегов, как у *Sonophytum pearsonii*, во много раз повышает эффективность водозапасаения этих суккулентов.



Стеблевой суккулент *Euphorbia maleoliensis* — пример геофитизации суккулентов. Его стебли погружены в землю и быстро теряют зеленую окраску эпидермиса, а фотосинтез осуществляется зелеными листьями, которые опадают на сухой период. Такое «поведение» типично для эфемероидов.

годно наращивать толщину и диаметр тела, и, следовательно, эволюция суккулентов здесь должна быть направлена в сторону увеличения их размеров. Неудивительно поэтому, что П.Нобель в пустыне Сонора установил: диаметр пяти видов высоких (свыше 6 м) колонновидных (т.е. цилиндрических) кактусов возрастает в северном направлении, коррелируя с уменьшением (в этом же направлении) годовой суммы осадков<sup>10</sup>. Поэтому мы никак не можем согласиться с К.Бакебергом<sup>11</sup> в том, что гигантские шаровидные кактусы стоят в начале эволюционной линии развития в трибе *Boreocactinae*, а не в ее конце.

Напротив, с улучшением условий увлажнения наблюдаются пониженные значения  $K_{эв}$ . Например, у кактуса *Marniera chrysocardium* безлиственный побег напоминает сильно рассеченный лист. Напоминают листья и уплощенные членики эпифитных филлокактусов, как у общеизвестного «декабриста» (*Zygocactus truncatus*).

Мы полагаем, что суккуленты — не тупиковая жизненная форма, они продолжают эволюционировать, и тому немало примеров. Многие виды орхидей из постоянно влажных дождевых лесов экваториальной зоны (например, рода *Dendrobium*) не имеют метаболизма САМ-типа, а водоносная паренхима у них развита слабо.

Эволюционное развитие в сторону эфемероидности можно отметить у геофитных суккулентов: втягивание стебля под землю на сухой период года (у некоторых видов кактусов рода *Lophophora*) и развитие подземного водозапасающего органа (у видов *Peniocereus*, *Neochilenia*). У *Euphorbia maleolensis* водозапасающие стебли развиваются под поверхностью земли, а несуккулентные листья отрастают только во время влажного сезона и опадают с началом засухи — типичные признаки эфемероидности растения. Пока верхушки побегов этого вида не

полностью закрываются грунтом и способны к транспирации, но это, видимо, лишь вопрос времени. Водозапасающие стебли другого представителя этого рода *E.balsamiphera* уже утратили способность к фотосинтезу.

Геофитизация суккулентов способствует их проникновению в более холодные регионы. Мы убедились в этом более двадцати лет назад при изучении прекрасных декоративных растений Средней Азии — эремурусов, которые, как выяснилось, имеют прямое родство с африканскими суккулентами типа алоэ<sup>12</sup>. Это касается и средиземноморских асфоделий. Суккулентные черты луковичных и клубнелуковичных однодольных мы также объясняем тем, что их предки — лилейные суккуленты.

Также суккулентное происхождение имеют несуккулентные, северные и высокогорные представители толстянковых, что хорошо описано К.Лемсом<sup>13</sup>. В пределах тропиков — это сплошь наземные растения, с проникающими в почву корнями, но на севере они становятся гемикриптофитами и в основном геофитами (для защиты от холода их почки возобновления погружены в почву). Таким образом, способность суккулентов зарываться в почву — одна из важнейших предпосылок их дальнейшей эволюции, которая помогает им осваивать не только засушливые, но и холодные области. Огромное разнообразие красивоцветущих орхидей, кактусов, разного рода толстянок — свидетельство того, что суккуленты, при всей их наружной медлительности и неторопливости, тем не менее не застыли навечно, а способны к дальнейшему развитию и процветанию как в засушливых, так и незасушливых областях, хотя и в несколько видоизмененном виде.

<sup>10</sup> Nobel P.S. // *Ecologie*. 1990. V.61. №1. P. 1—7.

<sup>11</sup> Backeberg C. *Das Kakteenlexicon*. Jena, 1979. S.46.

<sup>12</sup> Хохряков А.П., Мазуренко М.Т. Геофитизация как один из путей адаптации северных и высокогорных растений // *Бюл. МОИП. Отд. биол.* 1978. Т.90.; Хохряков А.П. Эремурусы и их культура. М., 1965; Хохряков А.П. Соматическая эволюция однодольных. М., 1981.

<sup>13</sup> Lems K. // *Ecology*. 1960. V.41. № 1. P.1—17; Lems K. // *Ecology*. 1962. V.43. № 3.

# История формирования устья долины Арес (Марс)

А. Г. Марченко

Институт геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского РАН  
Москва

**М**АРС — четвертая планета нашей системы — таит еще много загадок. До наступления космической эры многие полагали, что по условиям на поверхности Марс близок к Земле. Однако на первых изображениях этой планеты в 1964 г. исследователи увидели ландшафты, напоминающие безжизненные лунные. В 1971 г. на новых снимках были открыты так называемые долины. Их можно разделить на два основных типа: древние — образовавшие долинные сети (около 4—3.7 млрд лет тому назад) с многочисленными ветвящимися притоками

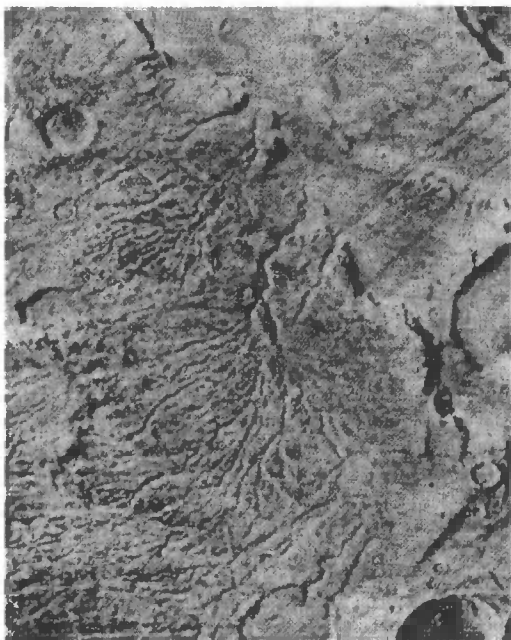
и более молодые (3—0.5 млрд лет тому назад) — крупные, широкие и почти прямые долины. Первые похожи на земные речные системы, вторые — на сухие русла рек. Парадокс заключается в том, что они находятся на поверхности планеты, где сейчас вода может существовать только в виде льда и пара. Древние долинные сети могли возникнуть, когда на Марсе выпадали осадки, существовали океаны и, возможно, даже жизнь. Однако молодые широкие долины образовались в условиях, близких к современным.

Долина Арес принадлежит к этому второму типу.

Ее общая длина около 2 тыс. км, ширина 25—225 км. По своим размерам близка к долине Амазонки. Долина Арес начинается в так называемых хаосах, где просели блоки поверхности (вероятно, при выносе подземного материала). Она пересекает подобные лунным материкам возвышенности с многочисленными кратерами и открывается на молодую низменность. В устье Арес объединяется с соседней долиной Тиу.

Устье долины Арес особенно интересно тем, что этим летом здесь посажен американский космический аппарат «Mars Pathfinder». Чтобы правильно оценить

© А.Г.Марченко

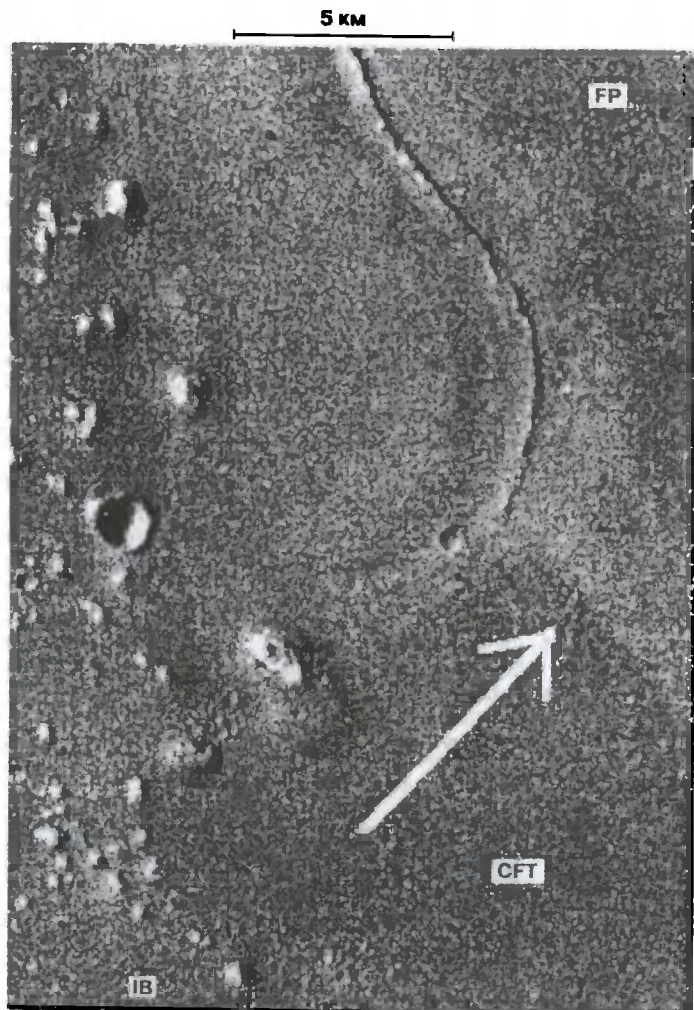


90 км



90 км

Долинные сети (слева) и крупные долины на Марсе.



Поток светлого молодого материала (FP, фронт показан стрелкой) заполняет днище долины (CFT). Слева — материал островов и террас (IB).

новые данные (химические характеристики вещества и особенности рельефа небольшого участка), необходимо хорошо знать региональную геологическую ситуацию, современные и древние процессы, иначе говоря, откуда, когда и как поступил в устье Ареса материал? Именно этому и посвящено данное исследование.

Представленные материалы — только часть боль-

шой работы, выполненной коллективом, включающим сотрудников Института геохимии и аналитической химии РАН (А.Г.Марченко и А.Т.Базилевского) и Института планетных исследований в Берлине (Г.Нойкума, Х.Хоффманна, Э.Хаубера, Э.Кука).

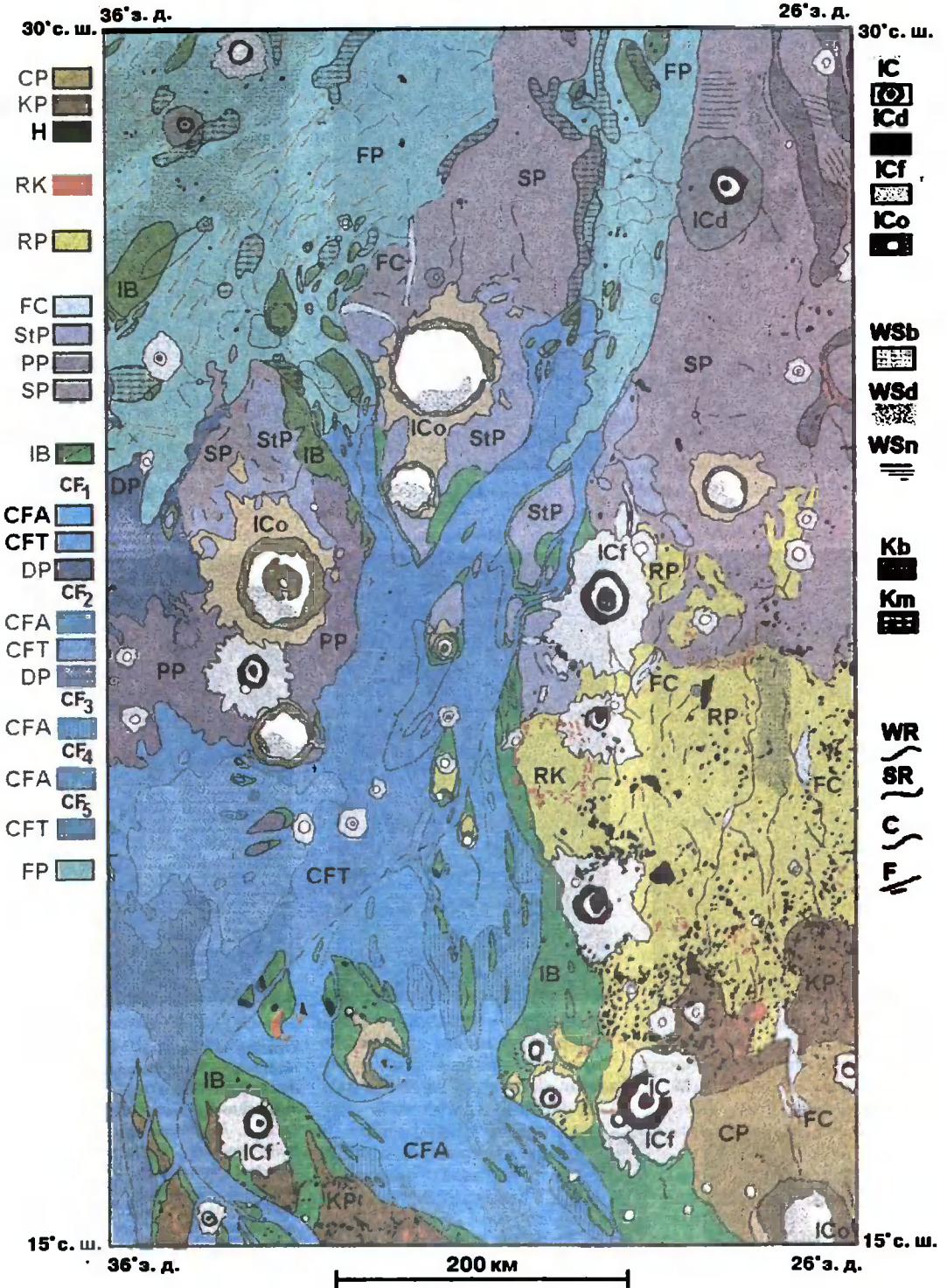
Считается, что большие марсианские долины и хаосы в их истоках возникают практически мгновенно в результате прорывов на поверхность колоссальных объемов подземных вод. Действительно, продольные каплевидные острова на их днищах могли быть образованы сильными паводками, вызванными увеличени-

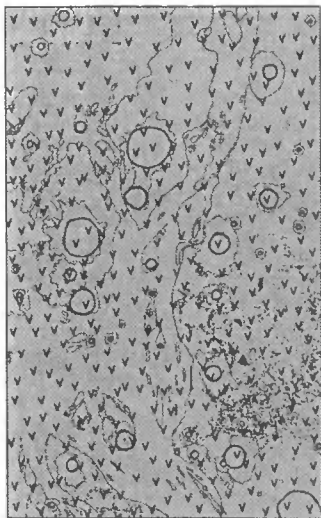
ем давления в подмерзлотных водоносных горизонтах.

Самые близкие земные аналоги крупных марсианских долин — долины, возникшие при катастрофических сбросах больших озер, подпруженных ледниками.

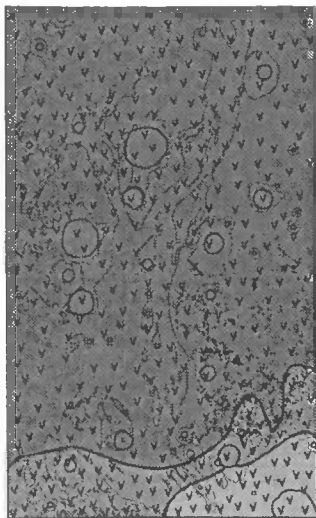
Кроме того, многие другие процессы могли действовать ранее и действуют до сего дня, преобразуя долины. Сейчас полагают, что огромные объемы воды в их устьях, прежде чем испарились или замерзли, существовали некоторое время как моря или озера. Днища долин преобразовывались ветром, покрывались новыми ударными кратерами, местами оседали при таянии льда.

*Геолого-геоморфологическая карта устья долины Арес. Материалы основных подразделений: CP — древнего материка, KP — останцовых плато, H — останцовых холмов, RK — кольцевых скоплений холмов, RP — грядовых равнин, FC — небольших русел, StP — пятнистых дельтовых равнин, SP — гладких дельтовых равнин, PP — дельтовых равнин с округлыми котловинами, FP — равнин с желобами, извилистыми грядами и трещинами, IB — островов и террас, CFA — днища долины Арес, CFT — днища долины Туу, DP — днища долины к северу от PP; различные морфологические типы днища долин — CF<sub>1-5</sub>: 1 — гладкое, 2 — холмистое, 3 — бороздчатое, 4 — сильноизрезанное, 5 — со светлыми западинами; материал ударных кратеров: IC — свежих, ICo — старых, ICd — нормальных выбросов, ICf — флюидизированных выбросов; золовый материал: WSb — светлый, WSd — темный, WSp — узких светлых и темных шлейфов; отдельные формы рельефа и их скопления: WR — морщинистые гряды, SR — извилистые гряды, C — небольшие русла, F — трещины, области распространения: Kb — холмов и Kt — холмов, окруженных уступами.*

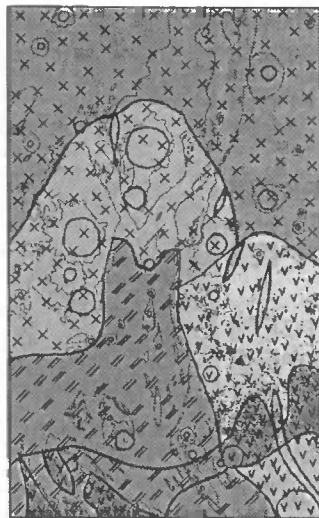




А



I



II



III

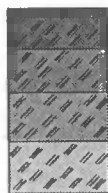


IV



Б

## Материалы

древних  
равнинднищ  
долин

дельт



золысье

Основные этапы геологической истории устья долины Арес. А — до образования северных низменностей; Б — в настоящее время. I—IV — стадии развития устья. Основные современные детали рельефа (валы крупных кратеров, борты долины) условно показаны неизменными во все этапы геологической истории. Интенсивность серого цвета соответствует стратиграфической последовательности материалов (более древние — выше, более молодые — ниже).

На снимках аппарата «Viking Orbiter» мы искали участки с однородной поверхностью и изучали их границы. Если русло врезано в равнину, оно ее старше, а если отложения заполняют русло, то они более молодые. Так появилась новая детальная стратиграфия района, на основе которой построена и геолого-геоморфологическая карта. Для подтверждения возрастных соотношений, использовался анализ плотностей кратерирования (число ударных кратеров на поверхности тем больше, чем древнее эта поверхность). Марсианская стратиграфия базируется на разделении всех материалов на три системы: древнюю — ноахидскую, подобную лунным материкам; среднюю — гесперийскую и молодую — амазонийскую, начавшуюся первые сотни миллионов лет назад.

Мы предполагаем, что в ноахидское время устье долины Арес было покрыто материалом древнего, сильно кратерированного материка (CP) — по аналогии с Луной, ударной брекчией и очень древними лавами. Вещество подверглось интенсивной водной эрозии в конце ноахидского времени. Считается, что тогда же на севере образовались низменности, появился перепад высот и началось разрушение уступа на границе древнего материка водой, склоновыми и, возможно, мерзлотными процессами. Это стадия I деградации поверхности. В результате древние возвышенности у своего северного края распались на отдельные плато (KP), холмы (H) и их кольца — остатки древних кратеров (RK). Возможно, тогда там существовали долины или долинных сети, но они не сохранились.

В конце ноахидского — начале гесперийского времени пространство между останцами древнего плато заполнилось материалом грядовых равнин (RP) лавовых

трещинных излияний или отложений, выносившихся с разрушающегося материка.

Затем, примерно в середине гесперийского времени, к югу от исследуемого региона произошел катастрофический сброс огромных объемов воды и стала образовываться собственно долина Арес. Сначала первые потоки блуждали по древним возвышенностям и грядовым равнинам, эродировав их и отлагая материал в небольших руслах (FC), а затем сосредоточились в пределах современной долины Арес. Скорее всего соседняя долина Тиу начала формироваться тогда же (стадия II). Водные потоки привнесли много материала, отложившегося на низменных равнинах (StP), (SP). Древние ударные кратеры здесь перекрыты слоем осадочного материала мощностью несколько десятков метров. Возможно, эти дельтовые отложения осаждались из временного моря или озера.

При следующем катастрофическом паводке (стадия III) во второй половине гесперийского времени долина углубилась, дельтовые осадки предыдущей стадии прорезались новыми протоками. Возникли новые дельтовые отложения (PP). На этой стадии закончилось формирование флювиального (принесенного текучей водой) материала на днище долины Арес (CFA).

Во время последнего катастрофического паводка (позднего гесперийского — раннеамазонийского, стадия IV) предыдущие образования в свою очередь были прорезаны потоком. Они кое-где сохранились в виде террас и островов. Кратерная статистика и дешифрирование показывают, что весь сток проходил только через долину Тиу. На этом этапе закончились ее врезание и аккумуляция флювиальных осадков на днище (CFT). В дельте на последней стадии, вероятно, отложился материал

равнин с желобами, извилистыми грядами и трещинами (FP). Эти формы рельефа могли возникнуть при высыхании и уплотнении осадков. Материал таких равнин заполняет устья всех долин в районе.

После высыхания долин в пределах всех подразделений формировались эоловые отложения и образовывались ударные кратеры.

Таким образом, мы предложили модель четырехстадийного развития устья Долины Арес: выделена стадия преддолинной эрозии и три стадии эрозии и сопряженной аккумуляции, связанные с долинами Арес и Тиу. Вполне возможно, что водная эрозия и аккумуляция проходят через значительную часть истории развития района. Однако выводы о временных интервалах между стадиями сделаны на основе подсчета плотностей ударных кратеров, точность такого определения возраста из-за относительно небольшого числа кратеров невысока.

Место посадки аппарата «Mars Pathfinder» лежит на границе более древнего материала, принесенного водными потоками из долины Арес, и более молодого материала днища долины Тиу. После затихания флювиальной активности эти образования претерпели ветровую эрозию и, возможно, мерзлотные процессы. Местами они перекрыты эоловыми отложениями.

Итак, новый спускаемый аппарат исследует вещество древнего плато и вулканических равнин (импактные брекчии и материал лав), принесенные с юга водными потоками. Химический анализ должен показать следы водных изменений пород. Кроме того, могут быть обнаружены материалы ударных кратеров и эоловые песок и пыль. Результаты этих анализов будут опубликованы в ближайшее время.

## Медали «Computer Pioneer» — российским ученым

**1** ОКТЯБРЯ 1997 г. в Москве на торжественной церемонии, состоявшейся в здании Президиума РАН, были отмечены наградами труды наших выдающихся соотечественников — С.А.Лебедева и А.А.Ляпунова. Их заслуги в создании основ вычислительной техники и программирования официально признаны крупнейшей в мире и одной из самых авторитетных профессиональных организаций в сфере высоких технологий — IEEE Computer Society.

Напомним, что IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) как международное сообщество существует уже более 100 лет. В 1946 г. в нем было основано структурное подразделение — Computer Society (CS), которое объединяет сотни тысяч профессионалов, работающих в области компьютерной науки и индустрии: информатики, программирования, производства вычислительной техники и компьютерного бизнеса.

В апреле 1995 г. делегация IEEE CS посетила Москву, проведя встречи со специалистами в области информатики, с преподавателями высшей школы, представителями промышленности, компьютерного бизнеса и руководства страны, после чего по решению Исполнительного комитета Компьютерного общества был сформирован подкомитет IEEE CS для России (сопредседатели подкомитета — член-корреспондент РАН В.П.Иванников и доктор физико-математических наук С.В.Клименко; базовой организацией подкомитета стал Институт сис-



*Медаль Компьютерного общества, на лицевой стороне которой изображен Ч. Бэббидж — создатель первой автоматической (механической) вычислительной машины универсального назначения. На оборотной стороне одной медали надпись гласит: «Компьютерное общество признало Сергея Алексеевича Лебедева основоположником советской компьютерной индустрии»; на обороте другой: «Компьютерное общество признало Алексея Андреевича Ляпунова основателем советской кибернетики и программирования».*

темного программирования РАН)<sup>1</sup>.

Ежегодно Компьютерное общество вручает награды и дипломы по 16 номинациям, отмечая лучшие мировые достижения в области фундаментальных исследований и практических приложений, а также заслуги в организатор-

ской деятельности и образовании.

Самая престижная награда CS — медаль «Computer Pioneer» — учреждена в 1981 г. Цель — признать и представить мировому сообществу тех выдающихся лиц, усилиями которых создавалась и развивалась сфера компьютерных технологий, причем при условии, что главный их вклад был сделан не менее 15 лет назад, т.е. проверен временем. Среди 55 лауреатов этой почетной награды можно назвать таких

<sup>1</sup> Российский подкомитет IEEE CS содействует вступлению желающих в Компьютерное общество. Обращаться к координатору подкомитета С.П.Прохорову: ieeeecs@ispras.ru.



*Президент IEEE CS Барри Джонсон с дочерьми С.А.Лебедева и А.А.Ляпунова — Натальей Сергеевной (слева) и Натальей Алексеевной после передачи им медалей.*

*Фото Г.Ю.Виноградова*



классиков науки, как Дж.Атанасов (John Atanasov) — за создание одной из первых ЭВМ, Н.Вирт (Niclaus Wirt) — за разработку языка Паскаль, М.Хофф (Marcian Hoff) — за создание первого однокристалльного микропроцессора, Д.Ричи (Dennis Ritchie) и К.Томпсон (Ken Tompson) — за разработку операционной системы Unix, М.Мински (Marvin Minsky) — за работы в области искусственного интеллекта и др.

В этом списке лауреатов до сих пор не были представлены имена выдающихся ученых и инженеров из Центральной и Восточной Европы: существовавшие политические сложности препятствовали ознакомлению с их работами. В результате труды С.А.Лебедева и А.А.Ляпунова в полном объеме стали известны на Западе с большим запозданием.

В 1996 г., в 50-летний

юбилей своего образования, IEEE CS приложило максимальные усилия, чтобы восстановить справедливость, и новыми лауреатами «Computer Pioneer» назвало российских ученых. Для официальной церемонии награждения в Москву из США при-

ехали президент IEEE CS Б.Джонсон (Barry W. Jonson), исполнительный директор Компьютерного общества М.Эллиот (Michael Elliot), и административно-финансовый директор В.Доан (Violetta Doan). Медали были вручены дочерям лауреатов.

## Сергей Алексеевич Лебедев (2 ноября 1902 — 3 июля 1974)

**Р**ОДИЛСЯ в Нижнем Новгороде в семье литератора Алексея Ивановича Лебедева и учительницы начальной школы Анастасии Петровны Мавриной. (Заметим, что и фамилия Мавриных оставила свой след в культуре нашего Отечества: Т.А.Маврина, сестра С.А.Лебедева, — талантливая, широкоизвестная

художница.)

В 1921 г., сдав экстерном экзамены за среднюю школу, поступил в Московское высшее техническое училище им.Н.Э.Баумана на электротехнический факультет, где специализировался в области техники высоких напряжений. В 28-м становится преподавателем МВТУ и одновременно младшим

научным сотрудником Всесоюзного электротехнического института (ВЭИ), где организует группу, а затем лабораторию, в которой разрабатывались проблемы устойчивости и регулирования мощных энергосистем. В 30-м начинает преподавать основы электротехники в только что организованном Московском энергетическом институте



*С.А.Лебедев.*

(МЭИ), разрабатывает и читает новый курс «Устойчивость параллельной работы электрических систем», который затем вводится и в других энергетических вузах страны.

В 35-м получает звание профессора по специальности «электрические станции и сети». С 36-го возглавляет отдел автоматики ВЭИ. На основе разработанной им теории искусственной устойчивости защищает в 39-м докторскую диссертацию.

В 1939—1940 гг. руководит расчетом режимов работы магистральных линий электропередачи от подготавливаемого к строительству Куйбышевского гидроузла. Уже тогда Лебедев полагал, что назревает необходимость автоматизации такой важной области, как научные исследования и математические

расчеты. Незадолго до Великой Отечественной войны Сергей Алексеевич приступил, по свидетельству сотрудников ВЭИ, к разработке принципов создания ЭВМ, в основу работы которой была положена двоичная система счисления. Ходит легенда о том, что в 38-м Лебедев подал докладную в правительственные инстанции о возможности создания вычислительной машины быстродействием 1000 операций в секунду, на что требуется 50 тыс. рублей, и будто бы ему, восприняв предложение как химеру, с юмором ответили, что такая машина не нужна, так как на ней будут сосчитаны за год все задачи и она начнет простаивать.

В 41-м вместе с институтом Лебедев эвакуируется в Свердловск. Возглавляемый им отдел переключается

на выполнение работ по оборонной тематике, которые потребовали создания серии специальных электронных моделей. После возвращения в 43-м в Москву одновременно с работой в ВЭИ он организует в МЭИ кафедру релейной защиты и автоматизации электрических систем. Продолжает развивать идею создания специальной аналоговой вычислительной машины; такая электронная АВМ была создана под его руководством в 1945 г. В этом же году избран действительным членом АН УССР, а в 46-м назначается директором Института энергетики АН УССР, переезжает в Киев и с 47-го по 51-й возглавляет Институт электротехники АН УССР, выдлившийся из состава Института энергетики. С 1948 г. полностью посвящает себя созданию ЭВМ.

С.А.Лебедева называют «отцом вычислительной техники» в СССР. Имя его и значимость научной, организаторской, педагогической и общественной деятельности сопоставимы с именами и значимостью деятельности И.В.Курчатова, С.П.Королева, М.В.Келдыша в области атомной энергии и освоения космического пространства. Успехи в этих важнейших сферах научно-технического прогресса непосредственно связаны с использованием высокопроизводительных вычислительных машин и систем, разработанных под руководством Лебедева.

Деятельности Сергея Алексеевича в области теории и практики конструирования цифровых ЭВМ предшествовали его выдающиеся работы по электротехнике (в первую очередь — создание упомянутой теории искусственной устойчивости электрических систем и соответствующих автоматических регуляторов) и по разработ-

ке и использованию средств аналоговой вычислительной техники для автоматизации расчетов режимов работы электрических сетей.

В течение 20 лет, с 1953 г., С.А.Лебедев возглавлял в Москве Институт точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) АН СССР (сейчас институт носит его имя). Здесь им были созданы деятельный коллектив и научная школа по разработке самых быстродействующих машин. Это направление Лебедев считал главным в развитии вычислительной техники.

Фундаментальные принципы построения ЭВМ и конкретные технические решения были проверены Лебедевым еще в Киеве (1951) при создании малой электронной счетной машины (МЭСМ). При этом был накоплен опыт наладки и эксплуатации ЭВМ, программирования алгоритмов важнейших вычислительных задач. Первой ЭВМ, разработанной под его руководством в ИТМ и ВТ (1953), была машина параллельного действия БЭСМ-1 (8—10 тыс. оп/с). Она послужила основой для создания всех последующих ЭВМ в СССР. Возможности, предоставляемые составом операций БЭСМ-1 (в первую очередь операциями над числами «с плавающей запятой» при обеспечении большого диапазона используемых чисел и высокой точности вычислений), позволили решать на ЭВМ сложные научные и производственные задачи.

С.А.Лебедеву принадлежат многие решения по распараллеливанию в ЭВМ процесса обработки данных, использованию новых элементов и технологий, модульного принципа построения вычислительных систем, реализация которых привела к значительному увеличению про-

изводительности ЭВМ. Так, разработанная под его руководством ЭВМ М-20 (1958) производительностью 20 тыс. оп/с имела новые важные структурные особенности — частичное совмещение операций, аппаратную организацию циклов, параллельную работу процессора и устройства вывода информации на печать.

Развитию научной школы С.А.Лебедева в значительной мере способствовали его своевременные публикации и выступления на научных конференциях, его активная работа с аспирантами и студентами МЭИ, МФТИ, МГУ и других вузов Москвы.

В первой половине 60-х годов Лебедев организует работы по созданию специализированных быстродействующих ЭВМ, функционирующих в системах реального времени. В этих машинах ввод информации осуществлялся непосредственно с линий связи. Выдающимся достижением Лебедева и возглавляемого им коллектива разработчиков в ИТМ и ВТ стало создание универсальной быстродействующей ЭВМ — БЭСМ-6 (1967), которая по производительности (1 млн оп/с) превосходила более чем на порядок все ЭВМ, разработанные до этого в СССР. Столь большая производительность машины определялась как применением высокочастотных полупроводниковых элементов, так и новой развитой структурой, к основным достоинствам которой относятся глубокое совмещение работы всех внутренних и внешних устройств и организация конвейерной обработки команд. Без преувеличения можно сказать, что многие новые принципы, положенные в основу серийной машины БЭСМ-6, предвосхитили то, что сейчас считается обязательным для современ-

ных вычислительных систем.

Сергей Алексеевич хорошо понимал необходимость совместной работы инженеров и математиков-программистов при создании вычислительных систем. По его инициативе в ИТМ и ВТ была организована лаборатория математического обеспечения ЭВМ, и ее сотрудники стали полноправными участниками создания БЭСМ-6.

При разработке БЭСМ-6 создавались и использовались развитые методы проектирования и описания ЭВМ, в том числе имитационное математическое моделирование работы устройств, способствовавшее выбору оптимальных структурных решений, использование алгебро-логических выражений, что обеспечивало обзорность и простоту понимания схем.

Высказанные Сергеем Алексеевичем идеи создания многопроцессорных и многомашинных вычислительных комплексов различной архитектуры были реализованы в дальнейшем коллективами разработчиков ИТМ и ВТ. Эти комплексы многие годы успешно используются для выполнения важнейших работ, в том числе — в центрах управления полетами космических аппаратов.

Талантливый инженер, выдающийся ученый и организатор науки, С.А.Лебедев внес основополагающий вклад в становление и развитие вычислительной техники в нашей стране. Организованные им научные коллективы и созданная школа высокопроизводительных ЭВМ — лучший памятник ученому. В человеческом плане его основными чертами, которые отмечают все, кто бы ни соприкасался с ним, были справедливость, доверие, требовательность, доброта и полное отсутствие чувства превосходства по отношению к другим.

## Алексей Андреевич Ляпунов (8 октября 1911 — 23 июня 1973)

**Р**ОДИЛСЯ в Москве. Принадлежит к старинному дворянскому роду, предстателителю которого внесли значительный вклад в мировую культуру<sup>1</sup>.

После окончания школы-девятилетки поступил в 1928 г. на физико-математический факультет Московского государственного университета, который вскоре вынужден был покинуть как «лицо дворянского происхождения». С 1930 г. работает в Геофизическом институте у П.П.Лазарева, сыгравшего немалую роль в становлении его научных интересов. В 32-м знакомится с Н.Н.Лузиным и под его непосредственным руководством получает математическое образование. Уже в 34-м году им получены первые результаты в области дескриптивной теории множеств. В 34-м А.А.Ляпунов — младший научный сотрудник отдела теории функции действительного переменного в Институте математики им. В.А.Стеклова, но в 37-м его увольняют «по сокращению штатов» в связи с расформированием отдела Н.Н.Лузина. Не имея постоянной работы, читает лекции, руководит семинаром по теории множеств при Научно-исследовательском институте математики МГУ. В 39-м вновь принят в Институт математики им. В.А.Стеклова на должность старшего научного сотрудника. Сдав экстерном экзамены по университетским курсам, защищает кандидатскую диссертацию на тему «Об униформизации аналитических дополнений».

В 39—40-м годах по рекомендации А.Н.Колмогорова

выполняет математическую обработку экспериментального материала по расщеплению наследственных признаков у гибридов, полученного генетиком Ю.Я.Керкисом, учеником Н.И.Вавилова. Сохранившиеся до конца жизни дружеские и деловые контакты с биологами способствовали формированию интереса А.А. к проблемам теоретической биологии.

Отказавшись от брони, доцент Ляпунов добровольцем уходит на фронт. С марта 42-го по апрель 45-го находится в артиллерийских частях. Из армии отозван в Артиллерийскую академию (Москва) для преподавания математики. Здесь интенсивно работает над перестройкой курсов математики на основе последних достижений науки. Вокруг него группируются талантливые офицеры, ставшие впоследствии специалистами в области приложений математики в военном деле, а некоторые из них — в разных областях кибернетики.

В 1949 г., защитив докторскую диссертацию по теории множеств, начинает по совместительству работать в Институте геофизики АН СССР, где за два года вместе с кристаллографами выполняет работу по методам кристаллооптических расчетов и проводит серию исследований по математическим методам геофизики. В 51-м возвращается в Институт математики им. В.А.Стеклова, а в 53-м по приглашению М.В.Келдыша переходит во вновь образованное Отделение прикладной математики этого института, где создает отдел кибернетики. Одновременно А.А.Ляпунов — профессор кафедры математической логи-

ки и вычислительной математики в МГУ.

В 1960 г. с энтузиазмом принимает приглашение М.А.Лаврентьева и С.Л.Соболева перейти в Институт математики Сибирского отделения АН СССР. После окончательного переезда в 1962 г. в Академгородок энергично включается в дело создания различных кибернетических коллективов: отдела кибернетики — в Институте математики СО АН СССР, кафедры кибернетики — в Новосибирском университете, лаборатории кибернетики — в Институте гидродинамики СО АН СССР (этой лабораторией он руководил до последних дней своей жизни). И опять ведет педагогическую работу на всех уровнях (школьном, университетском), становится активным организатором и душой летних сибирских математических Олимпиад и Физико-математической школы-интерната.

В 1964 г. А.А.Ляпунов избирается членом-корреспондентом АН СССР по отделению математики.

Алексея Андреевича Ляпунова называют «отцом отечественной кибернетики» за его личный вклад в эту науку и за внедрение ее идей в различные области знания. Последние два десятилетия своей жизни он в значительной мере посвятил становлению программирования в нашей стране.

В 52—53-м годах для студентов МГУ им прочитан курс лекций по программированию — первый в истории преподавания этого предмета в нашем Отечестве. В основе лекций лежал новый подход к описанию алгоритма. В отличие от известных

<sup>1</sup> Подробнее см., например: Воронцов Н.Н. Окружение и личность // Природа. 1987. № 5. С.81—98.

ранее (машина Тьюринга, продукции Поста, нормальные алгоритмы Маркова и т.д.), которые были предназначены для теоретических исследований вычислимости, А.А.Ляпунов дал описание алгоритма в форме, удобной для решения практических задач. В лекциях рассматривалась модель вычислительной машины с программным управлением и излагался операторный метод программирования, который содержал: 1) неформальное определение алгоритмического языка высокого уровня (языка логических схем) с выделением элементарных актов (операторов и булевых выражений) и с использованием средств композиции операторов; 2) задачу трансляции с языка высокого уровня на машинный язык (построение программирующей программы); 3) основы теории логических схем программ, открывшей пути развития программирования как самостоятельного научного направления.



*А.А.Ляпунов.*

Операторный метод — главная заслуга А.А.Ляпунова в области математического программирования — был опубликован только в 1957—1958 гг.; его распространение шло изустным путем и сопровождалось повышением общей математической культуры. С момента появления метода на нем базировались как обучение, так и исследовательские работы в этой области, чему способствовали открытые для широкой общественности семинары, которые А.А. проводил в МГУ: по программированию (с 1953 г.), исследованию проблем расширения области применения вычислительных машин (с 1954 г.). Особой популярностью пользовался междисциплинарный семинар по кибернетике, участниками которого были математики, экономисты, инженеры, биологи, военные, лингвисты, философы. На этот семинар приезжали

люди из многих городов Союза. Операторный метод лег в основу первых отечественных учебников и первых технологий программирования. Теория схем программ развилась в один из основных разделов теоретического программирования.

Выступления и публикации А.А.Ляпунова, посвященные философско-методологическим проблемам кибернетики, сыграли значительную роль в борьбе за реабилитацию кибернетики и кибернетических исследований в прикладных областях, в защите этой науки от неоправданных нападок в период ее становления.

Круг научных интересов Алексея Андреевича был столь широк, что его по праву относят к ученым-энциклопедистам. Исключительно добрый и отзывчивый по характеру, он проявил себя талантливым педагогом. Он был ученым-проповедником; любил живое общение с людьми и не заботился о публикации своих идей. Вырастив первое поколение программистов, практиков и теоретиков, А.А.Ляпунов вошел в историю отечественного программирования как основатель этой области знания.

Публикацию подготовила  
 © Г.В.Короткевич  
 Москва

## Премия «Blue Planet»

**П**РЕСТИЖ премий и иных знаков отличия определяется в первую очередь именами тех, кто их получает. В последние годы среди научных наград высокий авторитет завоевала международная премия «Голубая планета», учрежденная в 1992 г. Фондом Асахи Гласс Фаундэйшн (Asahi Glass Foundation).

Фонд имеет давнюю историю: создан в 1932 г. японской частной компанией Асахи Гласс Компани (Asahi Glass Co), разрабатывавшей технологии производства стекла, в год 25-летия своего образования. Первоначально фонд ставил цель содействовать развитию химической индустрии, но затем, по мере роста компании, в круг его интересов вовлекались все более широкие области исследований. К настоящему времени фонд оказывает финансовую поддержку не только технологическим проектам, но и исследованиям как по естественным, так и гуманитарным научным проблемам, причем как в самой Японии, так и по всему миру. Бюджет фонда в 1997 г. составил 620 млн японских йен (около 6.2 млн долл. США).

Учрежденная этим фондом ежегодная награда (около 500 тыс. долл. США) присуждается ученым, чьи работы способствуют решению глобальных проблем окружающей среды и выживания человечества. Наиболее важные из них — потепление климата, состояние озонового слоя Земли, кислые дожди, исчезновение тропических лесов, опустынивание территорий, разрушение экосистем, исчезновение видов, загрязнение планеты.

Открыл список лауреа-



тов в 1992 г. американский ученый С.Манабе (Syukuro Manabe). Он — признанный пионер исследований глобального изменения климата методами численного моделирования, первым дал количественные оценки влияния парникового эффекта.

В 1993 г. премию получил Ч.Килинг (Charles D. Keeling), профессор Скриппсовского института океанографии при Калифорнийском университете (Сан-Диего). Результаты его многолетних исследований содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере и Мировом океане привели к созданию огромной базы данных, касающихся глобального потепления.

В 1994 г. лауреатом премии «Голубая планета» стал немецкий ученый Е.Зейбольд (Eugen Seibold) — заслуженный профессор Кильского университета. Внес значительный вклад в понимание глобальных проблем окружающей среды на основе результатов исследований морской геологии, включая анализ океанических осадков, обмена углекислотой между океаном и атмосферой; сделал прогноз регионального опустынивания.

В 1995 г. премию получил профессор Стокгольмского университета Б.Болин (Bert Bolin) — пионер исследований глобального углеродного цикла. Его работы во многом способствовали формированию мировой экологической политики.

В 1996 г. наградой отмечен профессор геологии Колумбийского университета У.Брокер (Wallace S. Broecker) за открытие глобальной системы океанских течений, известной как большой конвейерный пояс (Great conveyor belt). Пионерские исследования Брокера по течениям и химическим циклам в океане расширили понимание роли океана в глобальных изменениях климата.

В 1997 г. премии удостоен Дж.Лавлок (James E. Lovelock), Почетный приглашенный член совета Грин-колледжа при Оксфордском университете. Еще 40 лет назад он разработал электронно-захватный детектор (ЭЗД) для газовой хроматографии, позволивший обнаруживать в атмосфере Земли химические соединения при очень низких значениях их содержания (на уровне одной части на триллион). В 1970 г. Лавлок с помощью ЭЗД впервые обнаружил фреоны в воздушном пространстве над Ирландией. Дальнейшие исследования показали присутствие хлорфторуглеродов почти повсюду в океанах и атмосфере планеты и привели к созданию теории разрушения стратосферного озона этими соединениями. В 1995 г. Нобелевский комитет выделил проблему озона как одну из самых острых, а работы П.Крутцена, М.Молино и

Ш.Роуланда, касающиеся образования и разложения озона, были отмечены Нобелевской премией. Хотя нынешний лауреат «Голубой планеты» стоял у истоков озоновой проблемы, сегодня он наиболее известен как автор так называемой Гайя-гипотезы (Gaia Hypothesis), сформулированной им в 1972 г. и впоследствии ставшей теорией в совместных работах Лавлока с американским биологом Л.Маргулис (Lynn Margulis). Суть гипотезы состояла в том, что Земля — единая саморегулирующаяся система, которая требует при изучении исключительно целостного подхода, включая планетарную биосферу.

Наряду с индивидуальными премиями за научные исследования «Голубая планета» присуждается организациям и отдельным лицам, активно участвующим в решении глобальных проблем. Среди таких лауреатов — канадский ученый М.Стронг (Maurice F.Strong), председатель Комитета «Земля» (Earth Council), признанный лидер в формировании концепции устойчивого развития (sustainable development)

и стратегии внедрения научных достижений в решение проблем окружающей среды в глобальных масштабах. Стронг был одним из главных организаторов I международной конференции по охране окружающей среды (Рио-де-Жанейро, 1992 г.), известной с тех пор как Саммит Земля (Earth Summit). В 1992 г. премия была присуждена Международному институту окружающей среды и развития (IIED, Великобритания). В 1994 г. награду присвоили Л.Р.Брауну (Lester R.Brown), основателю и президенту Института наблюдения за миром (World Watch Institute).

Лауреатом премии «Голубая планета» в 1997 г. стала Международная частная некоммерческая организация сохранения (Conservation International — CI, США), основанная в 1987 г. для изучения проблем сохранения глобального биоразнообразия и демонстрации возможности гармоничного сосуществования человека с природой. Около 400 экспертов в области биологии, планирования мероприятий по сохранению биоразнооб-

разия, маркетинга, экономики, законодательства и др. проводят активную работу в 24 странах мира. Свои программы этой организации осуществляет в широком партнерстве с международными организациями, включая ООН и Всемирный банк, а также с государственными исследовательскими институтами, местными неправительственными организациями и частными корпорациями. Повышенное внимание CI привлечено к регионам, особенно богатым биоразнообразием, но над которыми уже нависла угроза разрушения. Для таких районов ею был введен специальный термин — «горячие пятна» («hotspots»).

Список лауреатов пока невелик, но если идея присуждения премии организациям и их выбор могут показаться спорными, то выбор лауреатов за научные заслуги делает премию «Голубая планета» одной из самых престижных в обществе, стремящемся превратить мираж «устойчивого развития» в реальность.

© Публикацию подготовила  
**О.О.Астахова**  
Москва

## Объявление

### Путешественникам, геологам, яхтсменам, альпинистам, охотникам, автомобилистам! Спутниковые навигаторы

Уловив сигналы от 4—8 спутников, спутниковые навигаторы определяют ваши координаты в любом месте планеты с точностью до 25 м; вычисляют скорость движения, ожидаемое время в пути и ориентировочное время прибытия в заданный пункт; покажут направление и расстояние до заранее выбранной точки (до вашего дома или оставленной в лесу машины); запомнят координаты 200 выбранных вами точек. Масса от 250 г. Цена от 1800 тыс. руб.

**Фирма «МАКОН». Тел. (095) 287-11-12, 216-68-14, 216-57-49.**

## Nota bene

Космические исследования

### Космос: проекты завтрашнего дня

В сентябре 1996 г. в Москве проходил II Международный аэрокосмический конгресс (I Конгресс состоялся в 1994 г.). Посвященный 40-летию запуска первого искусственного спутника Земли и приуроченный к празднованию 850-летия Москвы, он собрал более 1500 ученых, конструкторов, астронавтов из 29 стран мира. В проведении конгресса приняли участие как отечественные организации и институты (Российское космическое агентство, РАН, МГУ и др.), так и зарубежные научные учреждения и фирмы (НАСА, Европейское космическое агентство, «Макдонелл—Дуглас» и др.). Работа проходила по 15 секциям, на которых рассматривались не только традиционные для такого форума вопросы (аэрокосмическая техника, системы информации, управления и навигации, аэродинамика), но и социальные, экономические, медико-биологические проблемы.

Е.М.Караченков, заместитель генерального директора Государственного космического научно-производственного центра им.Хруничева, рассказал, как в сложных переходных условиях к рынку удалось не только выжить и не расте-

рять огромный творческий, конструкторский и производственный потенциал, но и выйти на мировой рынок, где партнерами Центра стали такие корпорации, как «Локхид—Мартин», «Боинг», «Моторола» и др. Один из примеров успешного международного сотрудничества — создание совместного предприятия с фирмой «Локхид—Мартин», которое поставило цель: к 2000 г., используя ракеты-носители «Протон» (Россия) и «Атлас» (США), взять на себя 50% всех заказов международного рынка космических запусков. Проведены запуски иностранных спутников «Астра-1F», «Инмарсат», «Темпо», «Телстар», «Панамсат».

Интеграция России в мировое экономическое общество выразилась в участии Центра им.Хруничева в международном проекте «Иридиум» по созданию глобальной мировой телекоммуникационной системы спутниковой связи (21 инвестор из 17 стран, в том числе из США, Канады, Англии, Японии, Германии, Китая). К важным направлениям деятельности Центра относятся работы по проекту международной космической станции «Альфа». В планах Центра — создание

космической системы «Бриз-М»; по существу это четвертая ступень ракеты-носителя «Протон»<sup>1</sup>, которая позволит выводить на геостационарную орбиту более 3 т груза. Предусмотрены разработка в 1998 г. третьей ступени ракеты-носителя «Рокот» и запуск ее в конце того же года с космодрома Плесецк. Коллективу Центра предстоит заниматься созданием экологически чистой ракеты-носителя «Ангара»; изучается предложение разработать ее по модульной схеме, с тем чтобы один из модулей позволил заменить ракету-носитель легкого класса. Весьма перспективным представляется использование кислородно-водородного разгонного блока. В результате технических проработок найдено приемлемое решение по использованию стартового комплекса на космодроме Плесецк, что позволит отказаться от строительства подобного комплекса на космодроме Свободный.

Г.Е.Лозино-Лозинский, генеральный конструктор НПО «Молния», один из создателей многоразового космического корабля «Буран», в своем докладе отметил, что только с помощью «космических мостов» удастся справиться с теми потоками информации, которые ста-

<sup>1</sup> Подробнее см.: Мишин В.П., Паничкин Н.И. От баллистических ракет до ракетно-космических комплексов // Природа. 1996. № 10. С.3—22.



нут необходимы человечеству завтра. Деловое общение, обучение, совместные проекты будут неразрывно связаны с космосом. С каждым годом все шире начнут использоваться космические системы для мониторинга окружающего нас пространства. Огромные возможности предоставляют человечеству орбитальные комплексы, на которых создаются условия для получения сверхчистых веществ, уникальных лекарств, материалов с оригинальными свойствами. Одним из магистральных направлений завтрашнего дня станет дальнейшее совершенствование авиационно-космических транспортных систем, предназначенных для доставки грузов на орбитальные станции. Космические системы, родившиеся из авиации, должны вновь обрести крылья. От используемых сегодня одноразовых ракет предстоит перейти к много-разовым крылатым транспортным системам, прототипом которых можно считать американские «Шаттлы» и российские «Бураны». Одноразовые ракеты дороги в эксплуатации и «привязаны» к точке запуска, а крылатые системы дешевле, более мобильны и значительно проще в эксплуатации.

В настоящее время в НПО «Молния» разрабатывается многофункциональная авиационно-космическая система (МАКС). Ее особенность — использование в качестве первой ступени самолета «АН-225», способного поднимать до 275 т полезной нагрузки. Послужив в роли трамплина, он сможет обеспечить запуск сразу второй ступени — многообразного космического самолета, причем практически из любой точки планеты. Это сделает доступными орбиты с любым на-

клонением — от экваториального до полярного. Ведь Россия не располагает собственными низкоширотными космодромами, что ограничивает возможности запуска спутников как по массе, так и по наклонению — дальность полета самолета-носителя снимает эту проблему. Сравнение с международным проектом «Вентчур Стар» (запуск спутника с платформы в экваториальных водах) показывает, что МАКС обеспечит вдвое меньшую стоимость выведения полезной нагрузки (1000 против 2000 долл./кг). Такая космическая система имеет и ряд других достоинств. Так, для доставки грузов на орбитальную станцию обычная система сначала выбирает время старта, а затем около двух суток идет маневрирование и сближение. В проекте МАКС это время сокращается вследствие мобильности первой ступени. Тот факт, что первая ступень МАКС — самолет «АН-225» — уже воздана, представляется особенно важным в условиях недостаточного финансирования. Уже отработаны многие элементы космического самолета — здесь пригодился опыт создания «Бурана». В итоге на реализацию системы капиталовложения не превысят 2,5 млрд долл.

В рамках II Конгресса проходила работа Симпозиума по малым спутникам. Интересные доклады о применении микроспутников для геофизических исследований и мониторинга чрезвычайных ситуаций и катастроф (прогнозирование землетрясений, цунами, извержений вулканов и т.д.) сделали российские ученые В.Н.Ораевский, С.А.Пулинец, В.А.Алексеев (ИЗМИРАН), Н.П.Лавров (РАН), И.И.Величко (КБ им.В.П.Макеева) и др.

Значение завершившегося форума трудно переоценить: это и возможность обменяться накопленными знаниями и опытом, и совместный поиск дальнейших путей развития космической техники и направлений научных исследований, и поиск партнеров. Сейчас мировое сообщество подошло к той черте, когда для успешного освоения космоса необходимо объединение интеллектуального, материального и технического потенциалов многих стран.

Некоторые материалы конгресса мы предполагаем опубликовать в следующих выпусках журнала «Природа».

© Л.А.Паршина  
Москва

Космические исследования

## Японский радиотелескоп в космосе

Первый в истории космический радиотелескоп был выведен на околоземную орбиту в феврале 1997 г. японским спутником «HALCA» («Highly Advanced Laboratory for Communications and Astronomy» — «Высокосовершенная лаборатория связи и астрономии»). Это событие стало важным звеном международного проекта «Интерферометрия со сверхдлинной базой».

Орбита «HALCA» имеет весьма значительный эксцентриситет: ближайшая к поверхности Земли точка находится всего в нескольких сотнях километров, а наиболее удаленная — на расстоянии около 21 тыс. км (маневры после запуска позволяют еще более удалить точку апогея).

Благодаря сочетанию восьмиметровой антенны

этого телескопа с антеннами наземных радиотелескопов создается единая система с беспрецедентно длинной базовой линией — 30 тыс. км, т.е. втрое превышающей любую, в принципе достижимую на Земле. Полное развертывание работ предполагает участие более 25 наземных радиотелескопов, включая австралийский телескоп в Южном полушарии, что впервые позволит провести радиокартирование всего неба.

В сообщении о запуске отмечалось, что он впервые был проведен с помощью мощной ракеты-носителя «M-V», которая в дальнейшем может быть использована для полета японских астронавтов на Луну и межпланетных перелетов. На лето 1997 г. планировалось с ее помощью запустить на окололунную орбиту аппарат «Lunar-A», а с его борта спустить три бурильных устройства для взятия образцов геологических пород в удаленных друг от друга точках лунной поверхности. Эти устройства снабжены, кроме того, миниатюрными сейсмометрами для регистрации лунотрясений и приборами для измерения теплового потока из недр. Полученные данные должны телеметрически передаваться на борт спутника «Lunar-A», а оттуда — на Землю.

В 1998 г. японские ученые планируют отправить на околомарсианскую орбиту космический зонд «Planet-B» с целью изучения верхней атмосферы Марса и ее взаимодействия с солнечным ветром; на его борту будут также находиться видекамера и счетчик пылевых частиц. С учетом возможностей ракеты «M-V» вся масса бортовых приборов должна быть сведена всего к 186 кг.

Наиболее далеко идущим для Японии должен стать намеченный на январь 2002 г. запуск аппарата «MUSES-C» с целью достигнуть астероида Нереида в момент сближения с Землей и взять пробы материала с его поверхности. Возвращение аппарата на Землю планируется на 2006 г. При сближении с астероидом, диаметр которого всего около 1 км, а точная форма неизвестна, будут использованы совершенная навигационная камера, световой детектор, лазерный видеоискатель и другие уникальные приборы, позволяющие точно выбрать место посадки и отбора образцов.

Для возвращения на Землю посадочный отсек «MUSES-C» предполагается снабдить теплозащитным устройством, эффективность которого в 30 раз превышает устанавливаемые на американских «шаттлах». Для окончательного торможения отсека с приборами будет использована парашютная система.

Nature. 1997. V.385. № 6618. P.663 (Великобритания).

#### Планетология

### Поиск родительского ударного кратера для метеорита

Находка в марсианском метеорите ALH84001 возможных остатков микроорганизмов заставила геологов искать ударный кратер, образование которого могло привести к перебросу древнего материала с Марса на Землю.

Дж.В.Райс (J.W.Rice; Центр им.Эймса НАСА) предлагает три ограничения для поиска.

Во-первых, по измерению космогенных изотопов установлено, что этот метеорит подвергался воздействию космического излучения в течение последних 16 млн лет, следовательно, данная порода была выброшена с Марса 16 млн лет назад при образовании искомого кратера. А кратер такого возраста должен быть очень «свежим»: глубоким, с крутыми склонами и обширными хорошо сохранившимися выбросами, без наложенных на него более поздних кратеров.

Во-вторых, определенными изотопными методами возраст кристаллизации вещества метеорита — 4.5 млрд лет — предполагает, что он принадлежит к самым древним геологическим породам Марса (так называемого ноахидского возраста). Поэтому искомым кратер должен находиться в пределах древней, густо кратерированной местности, которая занимает около половины поверхности планеты.

И, в-третьих, диаметр кратера должен составлять от 10 до 30 км, поскольку молодые кратеры большего размера на Марсе не известны. Удар же, образовавший кратеры меньшего размера, вряд ли мог заставить материал покинуть планету.

В результате просмотра всех кратеров Марса диаметром от 10 до 30 км было найдено 20, удовлетворяющих перечисленным выше критериям. Наиболее вероятный кандидат находится возле древней долины Мангалā, скорее всего сформированной потоками воды. Наличие воды, по общему предположению, необходимо для существования жизни.

Н.Г.Барлоу (N.G.Barlow; Университет Центральной

Флориды, Орlando) тоже использовала для поиска кратера два первых критерия<sup>1</sup>. Она считает, что материал этого метеорита может быть выброшен с Марса только при образовании нормального кратера, диаметр которого не менее 100 км, или же при косом ударе космических тел и образовании эллипсоидного кратера с меньшим диаметром не более 10 км. В результате она нашла всего два кратера, удовлетворяющих этим требованиям: один — в пределах так называемой Тирренской Земли, другой — Сабейской Земли. Оба недалеко от древних долин, также созданных потоками воды.

В.С.Галик (V.C.Gulick; Университет штата Аризона) изучил геологическое строение окрестностей этих двух кратеров и предложил возможный сценарий их истории. Рядом с первым кратером лежит сеть долин Эврос. Вода здесь, возможно, поступала из действовавшего долгое время гидротермального источника. Обнаруженные в метеорите ALH84001 карбонаты могли образоваться в слегка подогретых водах как раз такого источника. Рядом со вторым кратером не обнаружено достаточно древних долинных сетей, только небольшие овражки на склонах. Однако потоковидные выбросы из кратеров указывают на то, что еще относительно недавно грунт здесь был богат водой или льдом.

The 28th Annual meeting of the AAS/DPS (American Astronomical Society/Division of Planetary Sciences), 23—26 Oct., Tucson, Arizona, 1996 (02.04, 02.05, 02.06).

## Физика

### Акустический эффект Джозефсона в сверхтекучем <sup>3</sup>He

В физике сверхпроводников давно известен эффект Джозефсона (B. Josephson, 1962): возникновение электромагнитных колебаний в системе из двух слабосвязанных (т.е. разделенных тонким слоем нормального металла или диэлектрика) сверхпроводящих областей при протекании через такой контакт электрического тока. Этот эффект подробно изучен и нашел практическое применение в сверхпроводящих квантовых магнитометрах — СКВИДах, имеющих рекордно высокую чувствительность к магнитному полю.

Между свойствами сверхпроводников и сверхтекучих жидкостей имеется глубокая аналогия, основанная на общем квантово-механическом характере бездиссипативных процессов. Однако экспериментально обнаружить эффект Джозефсона в жидкости значительно труднее, чем в сверхпроводниках. Это обусловлено трудностью обеспечить необходимую слабую связь между двумя объемами сверхтекучей жидкости: размер канала, соединяющего две ванны, должен быть не больше характерного расстояния, на котором волновая функция может заметно измениться. Для сверхтекучего <sup>4</sup>He эта длина порядка 0.1 нм, а для <sup>3</sup>He — 50 нм. Другая трудность связана с детектированием колебательного движения в жидкости, которое много сложнее, чем регистрация колебаний заряженных частиц в сверхпроводнике, приводящих к излучению электромагнитных волн.

Еще в 1988—1990 гг. Е.Вароко (E. Varoquaux) с соавторами опубликовал две статьи, в которых описано протекание сверхтекучего <sup>3</sup>He через субмикронное отверстие, соединяющее тонкий капилляр с параллельной трубкой большого диаметра. Экспериментаторам удалось объяснить полученные результаты путем численного моделирования сверхтекучего потока с учетом уравнения Джозефсона.

Основываясь на этих работах и современной кремниевой микротехнологии, группа С.Переверзева поставила в Калифорнийском университете (Беркли, США) опыт, в котором в качестве элемента, обеспечивающего слабую связь двух объемов со сверхтекучим <sup>3</sup>He, использовалась мембрана из нитрида кремния толщиной 50 нм. В ней имелось 4225 отверстий диаметром 100 нм, расположенных в виде квадратной решетки с шагом 3 мкм. Такая мембрана могла приводиться в движение внутри ванны с гелием электрическим полем. Интересно, что положение мембраны контролировалось при помощи уже упомянутого СКВИДа, использующего «обычный» эффект Джозефсона.

Поначалу обнаружить акустические колебания на осциллографе не позволял уровень посторонних вибраций, создающих слишком большой «шум» на экране. Но при подключении к схеме обычных наушников человеческое ухо выделило характерный звук с частотой, которая плавно менялась в такт движению мембраны.

Последующая обработка сигнала современными численными методами анализа полностью подтвердила ожидаемые характерис-

<sup>1</sup> См. также: Откуда взялся «марсианский» метеорит // Природа. 1997. № 6. С.94.

тики звука. В диапазоне температур 0.468—0.685 мК частота колебаний оказалась пропорциональной разности давлений по обе стороны от мембраны, а коэффициент пропорциональности с высокой точностью совпал с теоретически предсказанным.

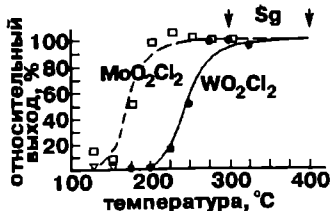
Nature. 31 July 1997. V.386. № 6641. P.421—422, 449—451 (США).

#### Химия

### Свойства сиборгия, элемента 106

Химические свойства трансурановых элементов могут отличаться от тех, которые предсказывает Периодический закон, вследствие заметного влияния релятивистских эффектов на их электронную структуру. Именно поэтому вопрос о месте вновь открытых тяжелых элементов в Периодической системе Менделеева может быть решен только с использованием экспериментальных данных.

С этой целью международная группа специалистов из разных научно-исследовательских учреждений (Общества исследования тяжелых ионов, Дармштадт, Германия; Института П.Шерера и Бернского университета, Швейцария; Института изучения трансактиния Г.Т.Сиборга, США; Объединенного института ядерных исследований, Дубна, Россия) совместными усилиями изучала химические свойства 106-го элемента — сиборгия<sup>1</sup>. Синтезированные его



*Температурная зависимость относительного выхода  $\text{MoO}_2\text{Cl}_2$  (квадратики) и  $\text{WO}_2\text{Cl}_2$  (темные кружки) по данным газовой хроматографии. Стрелки указывают температуры, при которых обнаружен  $\text{SgO}_2\text{Cl}_2$ .*

изотопы  $^{285}\text{Sg}$  и  $^{288}\text{Sg}$  имеют малые периоды распада, что обуславливает трудности в определении химических свойств этого элемента. Тем не менее примененная исследователями методика позволила оценить свойства его отдельных атомов.

Если 106-й элемент представляет собой аналог элементов шестой группы, значит, одним из устойчивых его соединений может быть, например, летучий диоксохлорид  $\text{SgO}_2\text{Cl}_2$ , что и было доказано термодинамическим расчетом. Экспериментальные данные подтвердили возможность образования диоксохлорида сиборгия при температурах 300° и 400°С. Относительный выход этого соединения соответствует относительному выходу аналогичных соединений элементов шестой группы — молибдена и вольфрама.

Кроме того, расчет электронной структуры и окислительно-восстановительных потенциалов указывает на устойчивость характерного для элементов шестой группы аниона  $\text{SgO}_4^{2-}$ , который и был обнаружен методом жидкостной хроматографии по продуктам распада сиборгия в соответствующей фракции.

Отныне положение 106-го элемента в шестой группе «узаконено». Тем самым действие предсказательной силы Периодического закона для тяжелых элементов вплоть до 106-го можно считать доказанным.

Nature. 3 July 1997. V.388. P.55—57 (Великобритания).

#### Биология. Охрана природы

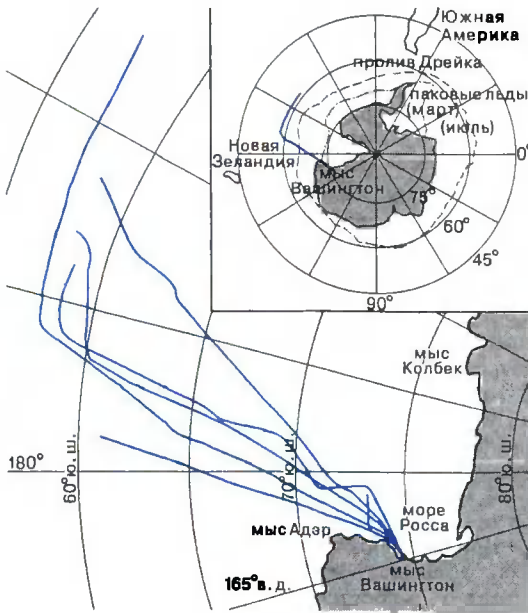
### Прослежены «отроческие» миграции пингвинов

Единственные на свете птицы, способные выводить птенцов в разгар антарктической зимы, переносить многомесячные морозы и длительную полярную ночь, — это, как известно, императорские пингвины (*Apptenodytes forsteri*). Самцы высидивают (вернее сказать, «выстаивают») детенышей беспрерывно в продолжение 2 мес., обходясь без пищи.

До сих пор орнитологи полагали, что пингвины этого вида проводят всю свою жизнь главным образом в пределах моря Росса — постоянно покрытого льдами и глубоко вдающемся в Антарктический континент. Такая точка зрения опровергается американским биологом Дж.Куйманом (G.Коупман; Скриппсовский институт океанографии, Ла-Холья, штат Калифорния), поставившим целью своих исследований разгадать, куда исчезают молодые пингвины по достижении примерно шестимесячного возраста?

Еще ранее было замечено, что они внезапно покидают родителей, уходят в воды моря Росса и возвращаются лишь пять

<sup>1</sup> См. также: Арутюнян И.Н. Дубний и др. // Природа. 1995. № 2. С.118; В Дармштадте открыт элемент 112 // Природа. 1996. № 7. С.110—111.



*Прослеженные маршруты миграций детенышей императорского пингвина к северу от м. Вашингтон.*

лет спустя. Где они проводят это время, оставалось неясным, хотя изредка с борта различных судов замечали взрослые их группы, плывущие уже на юго-востоке, обратно к родному матеруку.

Руководимые Куйманом полярники отловили в Антарктиде несколько подростков птенцов и клеем прикрепили на их спины радиопередатчики. К удивлению исследователей, отпущенные на свободу животные устремились точно на север, в более теплые воды океана. Одна из птиц проплыла за 3 мес. (пока передатчик не прекратил работать и наблюдения не прервались) 2800 км!

Куйман объясняет такое поведение следующим. В ходе эволюции животные избрали миграционный путь, чтобы птенцам не приходи-

лось в одной и той же акватории конкурировать в поисках пищи со взрослыми особями.

Однако такие миграции могут оказаться пагубными для этого вида птиц. Дело в том, что международным Антарктическим договором и Конвенцией об охране животных и растительных видов Антарктики защищены только южнополярный континент и непосредственно примыкающие к нему акватории. Детеныши же императорских пингвинов, как теперь выяснилось, выходят в своих странствиях далеко за 60° ю.ш., т.е. за пределы заповедных акваторий. В настоящий момент они, по видимому, прямой опасности не подвергаются, но рыболовецкие суда разных стран все чаще посещают эти воды, и «столкновение интересов» человека и пингвинов становится все более вероятным.

Южнополярным летом 1996/97 года Куйман предлагал расширить эксперименты, закрепив на боль-

шем числе птенцов усовершенствованные радиопередатчики.

Nature. 1996. V.383. № 6599. P.397 (Великобритания).

Этология

**Синица знает свое дело**

В теле синицы откладывается очень мало жировых веществ. Чтобы иметь возможность пополнять затраченную энергию, она повсеместно рассовывает небольшие запасы пищи. Одна синица может припрятать по семечку или два в сотнях потаенных мест на площади в несколько гектаров. И за всеми своими складами внимательно присматривает: стоит изъять несколько семечек, она немедленно пополняет запас, обычно один к одному, значит, и считать умеет!

Американский орнитолог Дж.Р.Лукас (J.R.Lucas; Университет Пардью, Уэст-Лафайетт, штат Индиана) поставил опыты и убедился: если объем жировых тканей в организме синицы возрастает, она начинает запасать меньше продуктов питания. Ученые заподозрили: может быть, в случае неблагоприятного сезона и недостатка семян синицы специально «толстеют», создавая что-то вроде «неприкосновенного запаса» на совсем уж черный день? Однако когда орнитологи в лаборатории «обворовывали» синиц, их масса не увеличивалась. Зимой птицы заменяли исчезнувшие семена новыми, удваивая время, которое затрачивали на их поиск, складирование и проверку сохранности своих заготовок. А летом, хотя запасы семян

и температура в лаборатории оставались неизменными, птицы уже не заботились о замене пропавших запасов новыми.

Это подтверждает прежние выводы о том, что «складская» деятельность у синичек регулируется не условиями питания непосредственно, а общим годовым ритмом их жизни.

Science News. 1996. V.150. № 19. P.296 (США).

#### Охрана окружающей среды

### Против загрязнения воздуха мельчайшими частицами

Американская общественная ассоциация по борьбе с легочными заболеваниями выиграла судебный процесс против государственного Управления по охране природной среды США, обвинив его в нарушении закона о чистоте воздуха. Закон требует пересмотра через каждые пять лет стандартов допустимого загрязнения атмосферы, в частности, взвешенными частицами диаметром менее 2,5 мкм (т.е. одной двадцатой толщины человеческого волоса), чего Управление своевременно не сделало.

По мнению эпидемиологов, частицы именно таких размеров существенно увеличивают опасность рака легких и сердечно-сосудистых заболеваний. Недавно проведенные обследования в весьма отдаленных друг от друга штатах Калифорния, Юта и Мичиган, как в городских, так и в сельских условиях, подтверждают это.

Сотрудники Управления по охране природной среды считают, что допустимый среднесуточный уровень загрязнения частицами должен находиться в пределах 20—65 мкг/м<sup>3</sup> воздуха. Представители же общественной ассоциации настаивают на более жестких ограничениях. Однако многие специалисты указывают, что слишком строгие меры, которые сулят крупные убытки, с успехом будут оспариваться в судах представителями промышленности. Тем более, что подчас «нарушителем» оказывается сама природа. Как недавно выяснил Т.Кэвилл (Т.Сайл; Университет штата Калифорния, Дейвис, США), в некоторых сельских местностях штатов Флорида и Джорджия, а также на Виргинских о-вах количество атмосферных частиц почвенного происхождения, занесенных из Сахары, превышает официально установленные пределы; в воздушном пространстве 25 из 44 национальных парков США, изученных Кэвиллом, загрязнение мелкими частицами (как естественного, так и промышленного происхождения) также превосходит эти величины.

По законам США, штаты и их округа, где нарушаются установленные нормы, могут потерять миллионы долларов субсидий, полагающихся им из федеральных средств на общественные работы. В случаях, когда виною оказываются природные условия, возможно освобождение от штрафа. Борьба вокруг мер по очистке атмосферы в США продолжается.

New Scientist. 1996. V.152. № 2056. P.10 (Великобритания).

#### Сейсмология

### Двойной рифт таит двойную опасность

Расположенный в штате Калифорния Хейуордский разлом земной коры считается одним из главных источников сейсмической опасности в районе залива Сан-Франциско. До сих пор специалисты рассматривали его как слабо связанные между собой два отдельных сегмента — Северный и Южный, у которых якобы немного шансов «оживиться» одновременно.

В 1868 г. в этом районе произошло мощное землетрясение ( $M = 7$  по шкале Рихтера). Считалось, что оно захватило лишь Южный сегмент Хейуордского разлома — от городка Фремонт до крутого изгиба в разломе, расположенного чуть южнее Окленда, где находится северный конец данного сегмента. Однако эту точку зрения отвергают Э.Ю. и П.Сегал (Е.Ю. P. Segall; Станфордский университет, Калифорния), которые заново изучили все данные, описывающие землетрясение 1868 г.

Первое доказательство того, что Хейуордский разлом может одновременно «вспороться» вдоль обоих сегментов, было получено в 1994 г. Дж.Лиенкемпером (J. Lienkaemper; Геологическая служба США, Менло-Парк, Калифорния), который обнаружил в разрезе земной коры к северу от Окленда следы небольших вертикальных движений, относящихся к 1868 г. Однако напряжение вдоль Хейуордского разлома накапливается главным образом в горизонтальном направлении — западная его сторона смещается на север, а восточная — на юг.

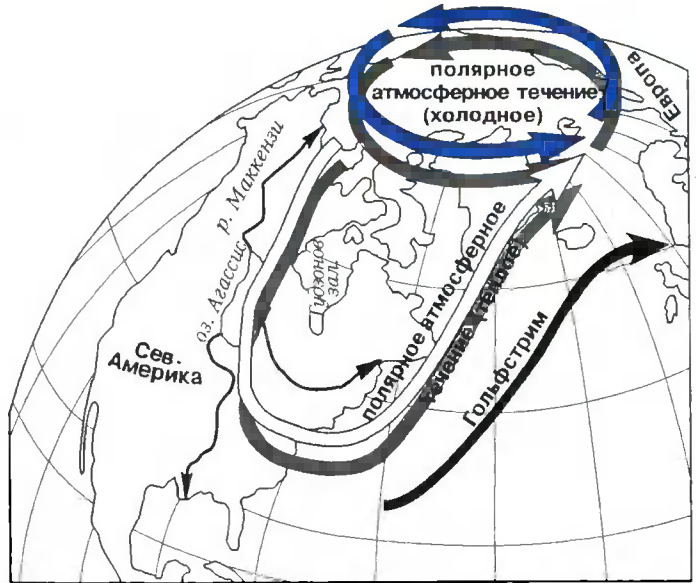
Ю и Сегал проанализировали материалы триангуляционных съемок, проведенных здесь между 1858 и 1860 гг., а затем — между 1876 и 1891 гг. Выяснилось, что холмы, окружающие залив Сан-Франциско, за период между съемками значительно сместились друг относительно друга. Отсюда вывод: в момент, когда произошел подземный толчок 1868 г., Хейуордский разлом сдвинулся на 2 м на протяжении по крайней мере 50 км, захватив оба сегмента. А это значит, что крупное землетрясение далеко не всегда распространяется лишь до предполагаемой границы между двумя соседними сегментами разлома, и, следовательно, в случае ожидаемого землетрясения в районе залива Сан-Франциско оно может оказаться еще более разрушительным, чем считалось до сих пор: если оба эти участка активизируются одновременно, линия разрушений протянется по тесно заселенной полосе длиной 75 км.

Journal of Geophysical Research. July, 1996 (США); New Scientist. 1996. V.151. № 2041. P.7 (Великобритания).

Океанология

**Что «запустило» Гольфстрим?**

Около 12 тыс. лет назад на Земле внезапно наступило похолодание. Одно из последних эпизодов этого климатического эпизода состояло в приостановке теплового потока Гольфстрима,



*Схема, показывающая, как истечение вод о.Агассис могло привести к возрождению Гольфстрима.*

направленного в северную часть Атлантического океана. «Пауза» продолжалась примерно 1300 лет. В лишенных тепла районах Северной Европы и Северной Америки стали наступать ледники. Этот процесс, по мнению климатологов, смог прекратиться только с возобновлением Гольфстрима.

На конференции Американского геологического общества (октябрь 1996 г., Денвер, штат Колорадо) геолог Т.Фишер (Т.Fisher; Северо-Западный университет штата Индиана, США) и географ Д.Смит (D.Smith; Университет Калгари, Канада) в своем докладе объяснили возобновление Гольфстрима тем, что в Северный Ледовитый океан в то время внезапно излилось гигантское озеро площадью около 450 тыс. км<sup>2</sup>. Замерзание озерной водной массы в океане сопровождалось выделением значительного количества тепло-

вой энергии (примерно 13.5 млрд Дж/ч). Этого было достаточно, чтобы изменить характер атмосферной циркуляции в глобальных масштабах и возобновить спустя два-три года течение Гольфстрима.

Согласно геологическим данным, такое озеро, названное по имени швейцарского ученого Ж.-Л.Агассиса (J.-L.Agassiz, 1807—1873), одного из создателей гляциологии, действительно существовало на территории современной нам западной Канады. Фишером установлены древние очертания его береговой линии с уступами, свидетельствующими о резком падении урезов воды.

По расчетам авторов гипотезы, поток изливавшейся из озера воды составлял около 1.6 км<sup>3</sup>/ч, а сам процесс продолжался в течение примерно года. Истечение шло по руслу р.Маккензи, вытекающей из Большого Невольничьего озера и впадающей в море Бофорта. Сток реки тогда более чем в 250 раз превышал современную

среднезимнюю величину. По существу это была катастрофа. До этого о.Агассис изливалось неоднократно — то в восточном, то в южном направлении. Материалы Фишера впервые свидетельствуют об истечении его вод на север. Вероятно, события начались с того, что вода прорвала естественную дамбу из оставленных ледником обломочных пород.

Не все участники конференции готовы признать предложенную гипотезу. Так, геолог Дж.Эндрюс (J.Andrews; Университет штата Колорадо, Денвер) полагает: любые массы пресных вод, попавшие в Северный Ледовитый океан, должны были переместиться в Северную Атлантику и там воспрепятствовать возобновлению Гольфстрима. Дискуссия продолжается.

New Scientist. 1996. V.152. № 2056. P.19 (Великобритания).

#### Лимнология

---

### Ископаемые водоросли антарктического озера

Д.Робертс (D.Roberts; Объединенный центр антарктических исследований Университета Тасмании) считает, что на протяжении последних 200 лет в озере, расположенном в Антарктиде (68°33' ю.ш., 78°15' в.д.) резко понижался уровень солености. Наиболее вероятное объяснение состоит в усилении снежных осадков.

Обнаружив в пробах донного грунта озера ископаемые водоросли, Робертс после трехлетнего их изучения установила, что за 8 тыс. лет своего существования озеро прошло три ста-

дии — пресноводного озера, морского залива и соленого озера. Колебания уровня солености оказались легко выделить на протяжении его шеститысячелетней истории: повышение солености в засушливые периоды и понижение — во влажные. Эти исследования подтверждают расчеты по компьютерным моделям, указывающие на увеличение осадков на Антарктическом материке.

Робертс считает материалы по колебаниям солености, полученные на основе изучения ископаемых водорослей, более репрезентативными сравнительно с данными по колебаниям температуры. Диапазон последних составляет для Антарктиды 1—2°С и не дает оснований для выводов о глобальном потеплении.

Предложенная Робертс методика может быть использована и для соленых озер других географических областей.

Search. 1996. V.27. № 10. P.295 (Австралия).

#### Гляциология

---

### Новая модель начала эпохи оледенения

Существовавшие до сих пор математические модели не могли адекватно описать климатические условия, которые вызвали завершившуюся около 10 тыс. лет назад последнюю эпоху оледенения, охватившего значительную часть Северной Америки, Европы и Азии. Новый подход к проблеме предложили Р.Дж.Галлимор и Дж.Е.Кутцбах (R.G.Gallimore, J.E.Kutzbach; Университет штата Висконсин, Мадисон, США). Они ввели в математическую программу

данные о состоянии растительного покрова, играющего, по их мнению, весьма значительную роль в глобальном установлении климата.

Авторы считают, что первоначальный процесс похолодания, вызванный циклическими изменениями в орбите Земли, был усилен тогдашним состоянием растительности. В самом начале последнего оледенения, около 115 тыс. лет назад, в Северном полушарии под влиянием нескольких факторов сильно понизились средние температуры в летние сезоны.

В тот период орбита Земли была более вытянута, и каждый раз с наступлением июля планета оказывалась в самой удаленной от Солнца точке. Кроме того, ось вращения Земли была меньше наклонена к плоскости орбиты, чем ныне, что приводило к сглаживанию метеорологических различий между временами года. В результате, согласно расчетам, интенсивность солнечного излучения, достигавшего летом земной поверхности в Северном полушарии, была на 8% меньше современной. Атмосфера в тот период содержала на 20% меньше углекислого газа, чем сегодня, что способствовало дальнейшему похолоданию. Однако это — только часть причин, вызвавших наступление грандиозного ледника, на что и указывают результаты прежних математических моделей.

Новые компьютерные расчеты Галлимора и Кутцбаха, которые включают данные прежних исследований, касающихся воздействия на состояние растительных сообществ изменений земной орбиты 115 тыс. лет назад, привели к выводу: при существовавших тогда



условиях летние температуры в областях севернее 60° опускались настолько, что снежный покров не сходил здесь круглый год (за 6 тыс. лет из накопившегося снега образуется ледниковый покров мощностью до 1 км). При подобном похолодании около 25% суши, покрытой бореальным лесом, должно уступить место тундре. Учет в математической модели такого сдвига в растительном покрове отчетливо показал тенденцию к дальнейшему похолоданию. Покрытая снегом тундра отражает в космическое пространство от 50 до 70% солнечного излучения. В противоположность этому темные районы поверхности с вечнозеленой растительностью активно поглощают это излучение, так что зимой бореальный лес отражает не более 15—20%. С расширением пространства, занятого тундрой, летние температуры на территории выше 60-й параллели должны были снижаться на 8—15°C.

Эта работа высоко оценена климатологами Т.Дж.Кроули (T.J.Crowley; Техасский университет, Колледж Стейшн) и М.Чандлером (M.Chandler; Институт космических исследований им.Годдарда НАСА, Нью-Йорк).

Nature. 1996. V.381. № 6582. P.477—478 (Великобритания).

Геология. Палеонтология

### Ударные кратеры и массовые вымирания на Земле

В 1996 г. группа ученых под руководством Х.Кебеля (Ch.Koebel; Венский университет, Австрия) обнаружила по результатам гравиметрических и магнитных измерений круговую структуру диаметром не менее 120 км, которая находится под песками пустыни Калахари (Южная Африка), вблизи Мороквенга (Morokweng).

В результате проведенного в 1997 г. бурения и анализа полученных образцов установлено, что эта структура представляет собой ударный кратер, образовавшийся в конце юрского периода, примерно 145 млн лет назад. Некоторые данные указывают, что по своим размерам погребенный кратер, возможно, достигает 340 км в диаметре, и тогда он — крупнейший из известных на Земле.

Гигантский удар, образовавший его, мог быть причиной массового вымирания организмов и смены юрской биоты на меловую. Однако, поскольку по результатам анализа образцы из кратера Мороквенг датируются в пределах 142.8—147.7 млн лет, а возраст границы юрского и мелового периода точно не известен (он лишь оценивается в 145 млн лет), связь между

этим ударом и вымиранием юрских организмов нельзя считать доказанной.

Недавняя датировка образцов из 100-километрового ударного кратера Попигаи в Сибири показала, что он образовался 35.7 млн лет назад<sup>1</sup>. С разрывом во времени не более нескольких сот млн лет возник другой крупный ударный кратер, ныне скрытый водами Чесапикского залива на Атлантическом побережье США. Однако никаких следов массового вымирания, связанного с этими ударами, не обнаружено. Ближайшее по времени массовое вымирание произошло на 2 млн лет позже, в конце эоценовой эпохи. В то же время массовое вымирание организмов на границе мелового и третичного периодов сейчас считается почти наверняка связанным с ударом крупной кометы или метеорита, образовавшим кратер диаметром от 180 до 280 км в районе современного п-ова Юкатан (Мексика).

По-видимому, массовые вымирания организмов, определившие палеонтологическую периодизацию последних 600—500 млн лет геологической истории Земли, не всегда были связаны с ударами комет или астероидов.

Science News. 2 August 1997. V.152. P.71 (США).

<sup>1</sup> Nature. 24 July 1997. V.388. P.365—368.

## Портрет в интерьере ИФП

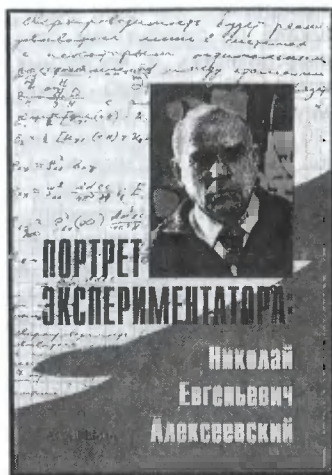
**М. И. Каганов,**

доктор физико-математических наук

Белмонт (США)

**В** НАЧАЛЕ июня текущего года в Институте физических проблем им. П. Л. Капицы РАН состоялся семинар, посвященный 85-летию выдающегося физика-экспериментатора, специалиста по физике низких температур Николая Евгеньевича Алексеевского (1912—1993). Его вдова Нина Иосифовна Филиппович представила собравшимся книгу, выпущенную друзьями и учениками Алексеевского. Каждый желающий мог получить в подарок том, подготовленный в издательстве «Academia», само название которого вызывает ностальгические воспоминания книголюбов. На обложке — портрет Николая Евгеньевича, не полностью закрывающий копию его рукописи, где легко читаются слова: «... сверхпроводимость будет реализовываться лишь в системах с некоторыми оптимальными расстояниями между атомами...» Они сразу вводят читателя в мир Алексеевского, многие годы занятого поисками новых сверхпроводников, выяснением критерия сверхпроводимости, попытками разобраться, какие факторы определяют значение критических параметров.

Книга открывается небольшой заметкой директора Института физпроблем академика А. Ф. Андреева, названной «Беззаветная преданность науке». Тем самым главная мысль книги



**ПОРТРЕТ ЭКСПЕРИМЕНТОРА:** Николай Евгеньевич Алексеевский. Воспоминания. Статьи. Документы. М.: Academia, 1996. 216 с.

сформулирована. Она неизбежно повторяется. Во всех (буквально!) воспоминаниях подтверждается теми или другими словами: «Наиболее характерной чертой Н.Е. Алексеевского была глубочайшая и даже иногда фанатичная преданность науке» (С.71). В книге приводятся примеры из жизни лаборатории, из практики общения учеников с учителем. Авторы вспоминают случаи из жизни Николая Евгеньевича, из его взаимоотношений с коллегами, с начальством.

В мою задачу не входит пересказывать книгу. Небольшая по объему, она читается залпом. Искренность авторов — учеников Николая Евгеньевича и его

друзей — превращает физиков в профессиональных писателей. Многие очерки написаны с неподдельным юмором. В каждом ощущаешь: ученики любят своего учителя, восхищаются им, испытывают чувство благодарности, общение с Николаем Евгеньевичем стало для них необычайной удачей, определившей выбор пути.

Любовь — загадочное чувство. Если она — настоящая, то не требует украшения объекта любви. Любя своего учителя, ученики не лишают его человеческих черт, иногда резко противоречащих образу положительного героя-ученого (в духе соцреализма). Он ревнив, бывает несправедливым, часто (ох, как часто!) невыдержан, вспыльчив. О вспыльчивости хочется сказать особо. Зная Н.Е. более тридцати лет, я много раз о ней слышал. К счастью, ни разу не был свидетелем «вспышек». Но кто бы ни писал о вспыльчивости, никто не обвинял Николая Евгеньевича в «неврастении вниз» — отвратительной, к сожалению, весьма распространенной «болезни». Николай Евгеньевич мог вспылить, разговаривая «даже» с П. Л. Капицей. Его друг со студенческих лет Л. Н. Курбатов приводит (со слов Н.Е.) эпилог разговора в сердцах между Николаем Евгеньевичем и Петром Ленидовичем: «Вы первый человек, позволивший себе на меня кричать!» А П. Е. Рубинин, историкограф Капицы и его детища — Института

физпроблем (ИФП), выступая на семинаре, о котором я упомянул вначале, сказал, что жена П.Л. — Анна Алексеевна долго не могла простить Николаю Евгеньевичу, что он поднял голос на Капицу. Поэтому меня особенно растрогало письмо Анны Алексеевны, написанное Нине Иосифовне после смерти Н.Е. Оно небольшое. Хочется привести его целиком:

«Дорогая Ниночка, нам, женщинам, чаще всего достается хоронить наших любимых. Никакие слова не утешают в это время, но общее чувство дружбы и любви помогает жить.

Мы все любили Николая Евгеньевича как человека, и меня особенно трогал его неуемный темперамент. Это делало его удивительно привлекательным.

Николай Евгеньевич был в Институте всегда, и трудно пережить его потерю. Много друзей ушло, но ИФП хранит их память, они создали ИФП своим талантом и трудом. Николай Евгеньевич был одним из бессменных авторов этого неповторимого ИФП.

Всего хорошего, обнимаю Вас и желаю только покоя в Вашей душе.

Ваша А.Капица

12.X.1993 г. Москва».

«Неповторимый ИФП» в воспоминаниях занимает такое же место, что и Н.Е. Большинство авторов книги, прочитавшись у Алексеевского и проработав с ним в ИФП, перешли в другие научные учреждения, поэтому у них есть возможность сравнивать. Грусть от потери любимого учителя не заслоняет радости мысленного возвращения в ИФП, где прошла их научная, и не только научная, молодость. Проведя годы в ИФП, они поняли, что науч-

ный институт должен быть таким, как ИФП. И на всю жизнь сохранили в душе память об эталоне. «А у нас в ИФП...», — часто повторяли и повторяют выходцы из института, созданного Капицей и его коллегами — их талантом и трудом, как сказала Анна Алексеевна, вызывая иногда ревность, а иногда даже обиду тех, кто не прошел через физпроблемскую школу.

Несколько слов о структуре книги. Она весьма удачна. Два больших очерка, написанные А.В.Митиным — одним из ближайших поздних учеников Н.Е. «Краткий очерк жизни и творчества» (С.9—26) и «Он и сегодня с нами» (С.129—136), — естественно обрамляют все воспоминания, описывающие как полувековые периоды (у Л.И.Курбатова), так и отдельные эпизоды. После воспоминаний — статьи, выступления, письма, интервью Н.Е.Алексеевского. И первые его слова — об учителях: о Льве Васильевиче Шубникове и о Петре Леонидовиче Капице.

Читая о Н.Е., а также написанное им о Шубникове, невозможно избежать мыслей о времени, ими прожитом. Когда-то «тьма 37-го года», изгнанная со страниц дозволенных публикаций, господствовала в наших разговорах на кухне с самыми близкими людьми. Теперь, к счастью, можно вспоминать об этом времени без купюр и умолчаний. Нельзя избавиться от трагической ноты, нельзя избежать перечисления бессмысленных потерь. И есть возможность воздать должное тем, кто вел себя порядочно, не уронив своего достоинства. Читая «Портрет экспериментатора», не пропустите сюжет об отношении Николая Евге-

невича к вдове расстрелянного в 37-м Шубникова — Ольге Николаевне Трапезниковой. Сюжет органично заключается письмом Ольги Николаевны вдове Алексеевского. В нем, в частности, есть такие слова: «Я с благодарностью вспоминаю, как Николай Евгеньевич заботился и о конференциях, чтобы меня включили в списки участников, и о моих делах с защитой, и о его хлопотах, связанных с Львом Васильевичем».

В книге много примеров преданности дружбе, доброты и чуткости Николая Евгеньевича. Рассказано, как легко он ссужал деньги в долг, не только тогда, когда его просили (это и я могу подтвердить), но и сам предлагал помощь, понимая, что попросить непросто. Когда я начал писать рецензию, вспомнил. Как-то я повесил в ИФП объявление, что нужны деньги для беженцев из Баку, оказавшихся брошенными на произвол судьбы. Своей подписью я брал на себя ответственность, что деньги попадут тем, кому предназначены. Первым откликнулся Николай Евгеньевич.

У меня свой счет благодарностей этому человеку. Первая — чисто научного свойства. Работы Н.Е.Алексеевского и Ю.П.Гайдукова по исследованию сопротивления нормальных металлов в магнитном поле превратили теорию гальваномангнитных явлений, построенную под руководством И.М.Лифшица небольшим коллективом (М.Я.Азбелем, мною и В.Г.Песчанским) в метод исследования топологии поверхностей ферми. Радость, которую испытали мы, теоретики, от возможности совместно с экспериментаторами получать важные и красивые результаты, пере-

оценить невозможно. И живет она в душе уже более сорока лет. Ясно: сохранится навсегда.

Вторую благодарность Николай Евгеньевич заслужил, дав мне разумный совет. Нет смысла его обсуждать здесь. Но, не послушайся я Н.Е., не провел бы в ИФП 24 года. Даже подумать страшно!

И еще. Не без помощи Н.Е. я был довольно частым гостем Вроцлавской международной лаборатории. Лаборатория — его детище. Но более того — я был одним из первых теоретиков (а возможно, и первым), туда командированным. Эти командировки были для меня очень важны, так как дали возможность подружиться с польскими физиками. Почти невыездной, я воспринимал эти поездки как глоток свободы.

Много места в книге занимает конкретика: что происходило в лаборатории, как проводились эксперименты. Авторы-ученики подчеркивают, что Н.Е. владел всем спектром умений, необходимых физику-экспериментатору, он отчетливо декларировал свою принадлежность школе Капицы (двойной портрет П.Л. и

Н.Е. озаглавлен: «Учитель и ученик»). Я обратил внимание, как важна для Н.Е. оснащенность лаборатории (во всех статьях о Шубникове он подчеркивает, сколько жидкого воздуха и жидкого гелия производилось в криогенной лаборатории, созданной Львом Васильевичем). Может быть, отсюда высмеиваемая другими его скупость — невозможность расстаться с любым предметом, который есть в лаборатории, даже если он заведомо не нужен.

Говоря о недостатках в характере Н.Е., почти все упоминают ревность: доходило до того, что он не позволял своим сотрудникам общаться с кем-либо без него, не разрешал посещать библиотеку. Мне кажется, трудно восстановить ход его мыслей. Какая-то странная жадность. Все, что делал он и под его руководством, было его, его личное. Он, и только он, мог этим распоряжаться. Результат должен был быть получен им, и только им. Конечно, с сотрудниками, с учениками. Он ничего не присваивал. Уверен, никогда не «приписывался» к чужому результату. Он должен был его сам получить и... получал. Возможно, именно эта

черта его характера привела к существенному ограничению, к неспособности вырваться на широкий простор научного поиска. Я пытаюсь ответить на заданные самому себе вопросы. Почему на счету у такого прекрасного экспериментатора, каким был Николай Евгеньевич, мало по-настоящему крупных, поражающих воображение результатов? Почему ему не сопутствовала удача и высокотемпературные сверхпроводники открыли Беднорц и Мюллер, а не Алексеевский с кем-либо из своих учеников?

Я не могу ответить на эти вопросы. Наверное, на них нет ответа. Они некорректны. Но содержание книги «Портрет экспериментатора» может оказаться полезным, чтобы не повторять ошибок. Правда, жизненный опыт подсказывает: никто не учится на чужих ошибках.

А Николай Евгеньевич Алексеевский останется в памяти тех, кто его знал, как выдающийся ученый, прекрасный физик-экспериментатор, человек, беззаветно преданный науке и приобщивший к ней множество людей разных поколений всей душой, как видно из воспоминаний, благодарных ему.

# Тематический указатель журнала "Природа" за 1997 год

## ФИЛОСОФИЯ И ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ

Взаимодействие физики и техники: уроки прошлого. <b>Филонович С.Р.</b>	1	56
Восемь с половиной столетий Москвы	9	3
Второй съезд Биохимического общества Российской академии наук. <b>Скулачев В.П.</b>	9	147

## "ДОСТОЙНОЕ УДИВЛЕНИЯ ТВОРЕНИЕ" К 90-летию Государственного Дарвиновского музея

Музей эволюции живой природы. <b>Фадеев И.В.</b>	9	45
Музейный художник. <b>Астахова О.О., Портнова И.В.</b>	9	46
Хранитель. <b>Шишкин В.С.</b>	9	60
Учитель. <b>Яблоков А.В.</b>	9	69
Наставник. <b>Флинт В.Е.</b>	9	73
	9	75

## ИЗ ИСТОРИИ НАУЧНЫХ ШКОЛ

До и после Лузитании. <b>Де-мидов С.С.</b>	9	98
Калица — в защиту Лузина	9	111
Сто лет от Столетова. <b>Визгин В.П.</b>	9	113

Итоги конкурса научнопопулярных работ. <b>Бялко А.В.</b>	10	3
--	----	---

## ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 1996 ГОДА

По физике — <b>Д.Ли, Д.Ошерофф и Р.Ричардсон Андреев А.Ф., Дмитриев В.В., Фоми И.А.</b>	1	94
По химии — <b>Р.Кёрл, Г.Крото, Р.Смолли Чернозатонский Л.А.</b>	1	96
По физиологии и медицине — <b>П.Доэрти, Р.Цинкернагель Апт А.С., Литвинов В.И.</b>	1	100

Личностное знание и парадоксы истории генетики К 175-летию со дня рождения Менделя. <b>Голубовский М.Д.</b>	6	67
--	---	----

МЕДАЛИ "COMPUTER PIONEER" РОССИЙСКИМ УЧЕНЫМ <b>Сергей Алексеевич Лебедев</b> (2 ноября 1902 — 3 июля 1974)	12	62
<b>Алексей Андреевич Лягунов</b> (8 октября 1911 — 23 июня 1973)	12	63

МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАГРАДЫ — РОССИЙСКИМ УЧЕНЫМ Премия Макса Планка — <b>М.В. Данилову</b>	3	102
Медаль Чарльза Д.Уолкота — <b>М.А.Федонкину</b>	3	103
Премия "Blue planet"	12	68

Последняя зарубежная поездка <b>Н.И.Вавилова, Сизоненко А.И.</b>	11	93
"Природе" — <b>85! Осипов Ю.С.</b>	2	3
Путешествие из Петербурга в Москву: переезд Академии наук. <b>Есаков В.Д.</b>	9	131

НАСЛЕДИЕ НИЛЬС БОР. РОССИЯ. 1937 ГОД Почти кругосветное путешествие Нильса Бора с женой Маргрет и сыном Хансом. <b>Френкель В.Я.</b>	11	38
Из путевого дневника Ханса Бора. Перевод с английского <b>И.С.Гапоновой</b>	11	39
Шестьдесят лет спустя. <b>Ханс Бор.</b> Перевод с английского <b>И.С.Гапоновой</b>	11	49
Из архива <b>П.Л.Капицы</b>	11	51

## ЛЕКТОРИЙ

Движение изюминки в тесте. <b>Стефаньский К.</b>	4	92
Кислород в живой клетке: добро и зло. <b>Скулачев В.П.</b>	11	26
Нобелевский фестиваль 1996 года. <b>Блох А.М.</b>	5	81
Работают поверхностные электромагнитные волны. <b>Либенсон М.Н.</b>	4	82
Хемилюминесценция в биологиче-		

ских системах. <b>Владимиров Ю.А.</b>	3	18	На территории Чада обнаружена цепь кратеров ударного происхождения*	3	109
Химический состав земной коры. <b>Ярошевский А.А.</b>	6	58	"Нормальна" ли Солнечная система?*	4	111
Экономика Нобелевского фонда. <b>Сильман М.</b>	5	89	Общий каталог переменных звезд: завершено четвертое издание. <b>Самусь Н.Н.</b>	4	96
<b>АСТРОНОМИЯ. АСТРОФИЗИКА. КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ</b>			Оптические телескопы: рывок в будущее. <b>Сурдин В.Г.</b>	3	54
Астероид -- бывшая комета*	2	112	Открыты межзвездные молекулы уксусной кислоты*	2	112
Астероид упал под острым углом*	3	108	Откуда взялся "марсианский метеорит"?*	6	94
Величайший из телескопов*	1	86	Пентагон делится в астероиды.*	1	103
Величайший радиотелескоп усовершенствован*	2	113	Первая жертва космического столкновения*	6	93
Взгляд в глубь Вселенной. <b>Сурдин В.Г.</b>	6	86	Первый полет космического аппарата серии "New millenium"*	5	102
Возраст Вселенной: парадокса просто не существует?*	3	106	Получено четкое изображение Плутона*	5	102
Вторая Китайская стена*	3	123	Проект "Звездная пыль"*	6	93
Гамма-телескоп на основе гелиоэнергетических станций*	2	111	Пропуск на небеса. <b>Сурдин В.Г.</b>	12	3
Где на Марсе искать следы жизни?*	4	111	Разнообразие комет*	9	141
Геодинамический спутник и солнечные фотоны*	11	110	Реликтовый дейтерий указывает плотность Вселенной. <b>Сурдин В.Г.</b>	8	98
Гипотеза о дефиците нейтрино*	1	105	Самая крупная звезда на небе*. <b>Сурдин В.Г.</b>	6	107
День удлиняется, Луна удаляется*	3	106	Семейства астероидов: миф или реальность?*	5	103
"Дымящая" звезда*	10	105	Студенты открыли астероид*	9	141
Загадка "убегających звезд" решена*. <b>Сурдин В.Г.</b>	7	105	Существует ли пояс Койпера?*	3	107
Загадка происхождения жизни. <b>Бялко А.В.</b>	1	68	Третий — лишний на орбите?*	5	102
Забутые дискуссии 60-х. <b>Цурупа А.И.</b>	1	69	Юпитер и его спутники: взгляд с "Галилео"	2	48
Звезда-монстр излучает как микроволновый мацер. <b>Сурдин В.Г.</b>	1	43	Японский радиотелескоп в космосе*	12	71
Инфракрасное излучение юных галактик*	1	105	<b>ПЛАНЕТОЛОГИЯ. МЕТЕОРИТИКА. ФИЗИКА И ХИМИЯ АТМОСФЕРЫ</b>		
Как рождаются планетные системы?*	1	104	В поисках лунной влаги*	11	111
Картирование магнитосферы Земли*	7	104	Грозы порождают гамма-излучение?*	3	109
Ключ к межзвездной химии найден. <b>Василенко Ж.Г., Сурдин В.Г.</b>	7	27	Исследование радиационного режима атмосферы*	4	112
Кольца Сатурна "помолодели" под дождем*	7	106	История формирования устья долины Арес (Марс). <b>Марченко А.Г.</b>	12	57
Комета — рентгеновский источник*	1	106	Когда восстановится озоносфера?*	4	112
Комета или астероид?*	3	107	Кольца Сатурна "помолодели" под дождем*	7	106
Космические гамма-всплески — призраки в современной астрофизике. <b>Курт В.Г.</b>	4	74	Механизм образования озоновых дыр*	9	142
Космические часы — за расширение Вселенной*	9	140	Откуда взялся "марсианский" метеорит?*	6	94
Космический аппарат NEAR пролетает вблизи Матильды. <b>Базилевский А.Т.</b>	11	105	Первая схема глобальной стратиграфии Венеры. <b>Базилевский А.Т.</b>	10	21
Космос: проекты завтрашнего дня*. <b>Паршина Л.А.</b>	12	70	Поиск родительского ударного кратера для метеорита	12	72
Магнитогидродинамические процессы на Солнце*	8	108	Странности пятен Нептуна*	10	105
Малая планета Нобель* <b>Блох А.М.</b>	2	112	"Эльфы", "феи", "домовые" и другие "привидения"*	11	112

## МАТЕМАТИКА. ИНФОРМАТИКА

Кто есть кто*	5	105
От компьютерного динозавра — к "Боингу-777". Панкратов С.Г.	6	43
Прорыв в компьютерно-информационных технологиях.* Лисовская Т.Ю.	4	110

## ФИЗИКА. ТЕХНИКА

SuperKamiokande: детектор нового поколения для физики и астрофизики. Барабанов И.Р., Домогацкий Г.В.	1	81
Акустический эффект Джозефсона в сверхтекучем $^3\text{He}$ *	12	75
Алмазы из горячей воды*	6	95
Величайший из телескопов*	1	86
Величайший радиотелескоп усовершенствован*	2	113
Восстановление поверхности Ферми металлов и сплавов.		
К 80-летию со дня рождения академика И.М.Лифшица. Дубовский Л.Б., Румянцев А.Ю.	11	13
Двуногие шагающие. Гришин А.А., Лавровский Э.К., Ленский А.В., Формальский А.М.	6	26
Лазероподобный источник когерентных атомов*	6	94
"Летающая" подлодка*	3	120
Микроэлектроника: от кристалла к организованному молекулярному ансамблю. Репинский С.М.	5	8
Моделирование первых мгновений Вселенной*	4	111
Молекулярные пленки — упорядоченные нанокompозиты из полиионов, белков и керамики. Львов Ю.М.	3	39
"Нейромагнитное окно" в человеческий мозг. Салмелин Р., Хари Р., Самс М.	3	90
Переход диэлектрик-металл при рентгеновском излучении*	10	106
Плазменные пинчи на Земле и в космосе. Лукьянов С.Ю., Трубников Б.А.	2	5
Подводная обсерватория для длительных исследований*	6	110
Получен жидкий металлический водород*	7	104
Почему вода мокрая?*	11	113
Приметы новой физики или артефакт?*	7	107
Прорыв в компьютерно-информационных технологиях.* Лисовская Т.Ю.	4	110

Прямое измерение межатомных потенциалов*	5	103
Революция в магнитооптике*	2	113
Рентгеновские лучи — от объема к поверхности. Ковальчук М.В., Желудова С.И., Носик В.Л.	2	54
Свойства жидкого гелия. Капица П.Л.	12	10 <sup>7</sup>
Спин-пайерлс. Васильев А.Н.	12	33

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ  
СЕГОДНЯ

Памяти академика Б.К.Вайнштейна.		
Дифракция электронов как метод изучения структуры. Ключковская В.В.	7	32
В поисках связей структура-свойства. Симонов В.И.	7	41
Разнообразие жидких кристаллов. Островский Б.И.	7	50
Пространственная структура белков. Мелик-Адамян В.Р., Арутюнян Э.Г., Поляков К.М.	7	61
Малоугловое рассеяние: взгляд на строение нативных биополимеров. Свєргун Д.И., Фейгин Л.А.	7	70

Строение жидкости и надкритическое состояние. Горбатый Ю.Е., Калинин А.Г., Бондаренко Г.В.	8	78
Твердое топливо для высокоэффективных МГД-установок*. Русин Д.Л.	10	106
Травление алмазов синхротронным излучением*	5	104
Турбулентность и вихревая аэродинамика. Белоцерковский С.М.	10	5
Учреждена премия Бёте*	5	103
Физико-химическая атака на плутониевый завод*	6	96
Чет-нечет у наночастиц*	7	107
Экзотические мезоны. Зайцев А.М.	10	12
Электросопротивление единичных углеродных нанотрубок*	1	107

## ПОЧВОВЕДЕНИЕ. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Нефть и почва*	1	119
----------------	---	-----

## ХИМИЯ

Аномальная растворимость фуллеренов*	9	142
Биошторм металлоорганических		

соединений. <b>Рябов А.Д.</b>	4	9	<b>Симонов П.В.</b>	3	81
И снова об углеродной "четности" органических молекул*	8	109	Ночные миграции планктона полярным днем*	5	107
Ключ к межзвездной химии найден. <b>Василенко Ж.Г., Сурдин В.Г.</b>	7	27	Пауки-динопиды*	10	108
Молекулярные пленки — упорядоченные наноккомпозиты из полиионов, белков и керамики. <b>Львов Ю.М.</b>	3	39	Планктонные водоросли: стратегии выживания*. <b>Гиляров А.М.</b>	11	114
Оксид урана как катализатор деструкции летучих хлорорганических соединений*	3	110	Поражение в турнире подавляет брачное поведение*	7	110
Сверхшпшитый полистирол: чужой среди своих. <b>Даванков В.А., Цурупа М.П., Пастухов А.В., Маслова Л.А., Ильин М.М., Павлова Л.А., Андреева А.И., Тарабаева О.Г.</b>	10	51	Почему она его съела?*	1	110
Свойства сиборгия, элемента 106*	12	74	Привлекательный запах отброшенного хвоста*	6	101
Синтез противораковых препаратов*	10	122	Происхождение основных групп наземных растений. <b>Антонов А.С.</b>	10	55
Теплота проявляет латентный цвет красителя*	11	113	Прослежены "отроческие" миграции пингинов*	12	74
Фотопереключаемые молекулярные устройства. <b>Громов С.П.</b>	10	45	Революция взглядов на эволюцию прокариот*	3	111
Хроматомембранный массообменный процесс. Идея и ее практическое воплощение. <b>Москвин Л.Н.</b>	10	39	Регуляция передачи сигнала от нейрона к нейрону. <b>Магзаник Л.Г.</b>	10	81
Чет и нечет атомов углерода органических молекул*	6	97	Родившимся в космосе вход на Землю воспрещен?*	7	108
			Самка паука определяет пол своего потомства?*. <b>Михайлов К.Г.</b>	11	115
<b>БИОЛОГИЯ</b>			Самцы и самки у сейшельской камышевки появляются по заказу*. <b>Гиляров А.М.</b>	5	105
"Бестолковая" молодежь осетровых*. <b>Еловенко В.Н.</b>	6	98	Синица знает свое дело*	12	75
Весна -- "время любви" не у всех европейских змей*	8	110	Скопления реликтовых прибрежных моллюсков в открытом океане. <b>Нессис К.Н.</b>	3	94
Еще один эволюционный шанс для слабых*. <b>Семенов Д.В.</b>	1	108	Смена специализации у муравьев*	10	109
Жесткая любовь кальмаров. <b>Нессис К.Н.</b>	10	97	Траншеи, вырытые лопатками*	11	116
Завируска зовет самца*	1	111	Феномен яйцекладения*. <b>Семенов Д.В.</b>	7	109
Загадка происхождения жизни. <b>Бялко А.В.</b>	1	68	Хищник съест вредителя*	10	110
Заблье дикуссии 60-х. <b>Цурупа А.И.</b>	1	69	Черепахи-"транссексуалы"?* <b>Семенов Д.В.</b>	10	107
Затерянный герпетомир*. <b>Семенов Д.В.</b>	6	98	"Черные вдовы" прядут супершелк*	8	109
Игровое поведение у черепахах в условиях неволи*. <b>Семенов Д.В.</b>	11	116	Шимпанзе смеется "не так"*	1	110
Как крабы дерутся и как мирно чистят друг друга. <b>Нессис К.Н.</b>	8	101	Шмель марширует по "шоссе"*	10	109
Крупный или энергичный?*	1	109			
Можно ли изменить инстинкт и поведение животных? <b>Полежаев Л.В.</b>	8	90	<b>БОТАНИКА. ЗООЛОГИЯ.</b>		
Морской лев "работает" кинооператором*	9	143	<b>МИКРОБИОЛОГИЯ</b>		
На неверность нет ни сил, ни времени*	1	67	Акула-"мегамама" оказалась девушкой. <b>Нессис К.Н.</b>	1	66
Нейробиология индивидуальности.			Анаэробы производят железную руду*. <b>Покровская М.С.</b>	1	116
			Арахнологи развлекаются*. <b>К.Г.Михайлов</b>	1	109
			Высокогорные памирские аполлоны*. <b>Сочинко А.В., Каабак Л.В.</b>	2	115
			Вязы будут спасены*	3	113
			Гигантская приапулида из Северного Ледовитого океана. <b>Малахов В.В., Адрианов А.В.</b>	7	26
			Деревья разных видов "подкармливают" друг друга*. <b>Ги-</b>		





- Имеем ли мы право не знать?\* 6 103
- Как клетка меняет свою организацию. **Васильев Ю.М.** 10 73
- Какое давление у москвичей?\* 6 104
- Контроль за распространением болезни Шагаса\* 7 111
- Народонаселение: новые прогнозы\* 10 127
- "Нейромагнитное окно" в человеческий мозг. **Салмелин Р., Хари Р., Самс М.** 3 90
- О здоровье человечества\* 11 107
- Объект генетических исследований — мумии\* 5 115
- Озоновый слой и рак кожи: прогноз риска заболеваний\* 6 105
- Оспе воистину пришел конец!\* 3 114
- "Природа не делает скачков". **Супотницкий М.В.** 8 67
- Сальмонеллез все хуже поддается лечению\* 5 108
- Солнечная радиация и здоровье\*** 2 117
- Страны, свободные от дракункулеза\* 8 112
- Стратегия борьбы с малярией\* 8 111
- Терапия против СПИДа\* 9 143
- Туберкулез: проблемы диагностики\*. **Николаева Г.М.** 1 113
- Чай, флавоноиды и болезни сердца\* 7 111
- Что видит и слышит дельфин? **Супин А.Я., Масс А.М.** 10 88
- Якорь для тромбоцита\* 1 112
- ЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ПРИРОДЫ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**
- Аскалаф пестрый. **Миноранский В.А.** 2 52
- В помощь перелетным птицам\* 3 115
- Вязы будут спасены\* 3 113
- Главная проблема наступающего тысячелетия — предотвращение голода\* 3 105
- Деревья разных видов "подкармливают" друг друга\*. **Гилляров А.М.** 10 104
- Забывтый урок\* 3 116
- Запасы нефти и газа на планете: миф и реальность\* 7 114
- Изменение природных зон Российской Арктики.
- Экспедиция "Экология тундры-94". **Глазов М.В., Горячкин С.В.** 5 32
- Исследуются последствия сброса городских отходов в океан\* 6 107
- "Исчезнувший" из атмосферы CO<sub>2</sub>\* 9 142
- Кайманы гибнут за металл\* 9 145
- Как бороться с мышьяковым загрязнением\* 11 118
- Как покончить со смогом?\* 5 110
- Как сохранить логгерхеда?\* 3 113
- Калипсо — нимфа замшелых лесов. 5 94
- Виноградова Т.Н.**
- Красная книга пересматривается\* 5 110
- Кролику объявлена вирусная война\* 5 108
- Кто засоряет атмосферу соседа?\* 7 112
- Куда девать медицинские отходы?\* 12 43
- Куда девать углекислый газ?\* 8 100
- Ламантини попали в беду\* 2 119
- Меньше серы в атмосфере\* 3 116
- Микробы против отравляющих веществ\* 10 111
- Микроорганизмы в местах захоронения радиоактивных отходов\*** 10 110
- Насколько загрязнены атоллы атомными взрывами?\* 4 114
- Не кормите казуара!\* 5 109
- Нефтепродукты, почва, пища\* 6 107
- Нефть и почва\* 1 119
- Норвежская рысь: быть ей или не быть?\* 3 115
- О судьбе лошади Пржевальского\*. **Паклина Н.В.** 6 106
- Ограничения на водопользование неизбежны\* 3 121
- Паводки: возвращение к естественному режиму\* 8 113
- По следам исчезнувших тахи. **Паклина Н.В.** 7 91
- Прививки собакам спасают львов Серенгети\* 3 115
- Природа успешнее действует сама\* 1 114
- Природное наследие Москвы. **Самойлов Б.Л., Морозова Г.В.** 9 29
- Программа "Живая планета". **Белянова Л.П.** 11 36
- Прослежены «отроческие» миграции пингвинов\* 12 74
- Против загрязнения воздуха мельчайшими частицами\* 12 76
- Растения под радиацией\* 1 113
- Состав воздуха — вопрос жизни и смерти\* 3 116
- Субсидии вредят окружающей среде\* 5 101
- Техногенная пустыня или полуостов сокровищ?\* 8 106
- Тысячи видов в опасности\* 9 145
- Уток, зимующих в Москве, становится меньше\*. **Авилова К.В., Виноградов Г.М.** 6 99
- Физико-химическая атака на плутониевый завод\* 6 96
- Хищник съест вредителя\* 10 110
- Что делать с атомными отходами?\* 3 117
- Экологическое благоустройство Москворецких водохранилищ. **Эдельштейн К.К.** 9 92
- ЖИВОЕ КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ**
- История куроводства в России. **Моисеева И.Г., Лисичкина М.Г., Никифоров А.А.** 1 71

## ЗАМЕТКИ И НАБЛЮДЕНИЯ

Аборигены Антарктиды. <b>Булавинцев В.И.</b>	1	87
Белая ржанка. <b>Булавинцев В.И.</b>	11	89
Не смотрите свысока на простого червяка. <b>Булавинцев В.И.</b>	5	99
Незабываемая комета. <b>Чилингарян И.В.</b>	8	52
Птица Арктики — белая чайка. <b>Булавинцев В.И.</b>	3	50
Солнечная птица — наперсница лета. <b>Булавинцев В.И.</b>	6	79
Сорока-ворона кашу варила... <b>Булавинцев В.И.</b>	2	84

## ОЧЕРКИ НАТУРАЛИСТА

Год с россомахами. <b>Новиков Б.В.</b>	7	80
	8	54
Мир кречета. <b>Калякин В.Н.</b>	11	54
	12	19

## ГЕОЛОГИЯ. ГЕОТЕКТНИКА

Алмазный город. <b>Бронштэн В.А.</b>	1	40
Анаэробы производят железную руду*. <b>Покровская М.С.</b>	1	116
Астероид упал в Баренцевом море* <sup>†</sup>	11	120
Величина плит земной коры*	7	114
Запасы нефти и газа на планете: миф и реальность*	7	114
Земные причины водных циклов. <b>Найденнов В.И., Швейкина В.И.</b>	5	19
Исследования по программе "Пасантарктик"*	1	116
Когда Аргентина была частью Техаса*	10	121
На территории Чада обнаружена цепь кратеров ударного происхождения*	3	109
Обрушения вулкана*	2	121
Откуда взялись Анды?*	10	114
Платиноиды в черных сланцах. <b>Созинов Н.А., Горячкин Н.И., Ермолаев Н.П., Чиненов В.А., Хорошилов В.Л.</b>	8	11
Причина температурной инверсии под Гималаями*	4	115
Происхождение пермских "рябчиков" северо-востока России. <b>Колясников Ю.А.</b>	7	23
"Скоростная" тектоническая плита*	10	121
Следы доисторических цунами на восточном побережье Камчатки. <b>Пинегина Т.К., Мелекесцев</b>		

<b>И.В., Брайцева О.А., Базанова Л.И., Сторчеус А.В.</b>	4	102
Следы древнейшей жизни в космических телах Солнечной системы. <b>Жмур С.И., Розанов А.Ю., Горленко В.М.</b>	8	3
Вместо послесловия. <b>Ярошевский А.А.</b>	8	9
Стабилен ли Скандинавский щит?*	10	113
Теплая биосфера. <b>Чумаков Н.М.</b>	5	66
Техногенная пустыня или полуостов сокровищ?*	8	106
Ударные кратеры и массовые вымирания на Земле.	12	79
Циркон, принесенный ископаемой рекой*	10	113
161-й рейс "ДЖОЙДЕС Резолюшн"*. <b>Басов И.А.</b>	1	114
162-й рейс "ДЖОЙДЕС Резолюшн"*. <b>Басов И.А.</b>	2	120
163-й рейс "ДЖОЙДЕС Резолюшн"*. <b>Басов И.А.</b>	3	118
164-й рейс "ДЖОЙДЕС Резолюшн"*. <b>Басов И.А.</b>	5	111
165-й рейс "ДЖОЙДЕС Резолюшн". (Счет точек бурения перешагнул за тысячу.)* <b>Басов И.А.</b>	6	108
166-й рейс "ДЖОЙДЕС Резолюшн"*. <b>Басов И.А.</b>	7	112
167-й рейс "ДЖОЙДЕС Резолюшн"*. <b>Басов И.А.</b>	8	113
168-й рейс "ДЖОЙДЕС Резолюшн"*. <b>Басов И.А.</b>	10	111
169-й рейс "ДЖОЙДЕС Резолюшн"*. <b>Басов И.А.</b>	11	118

## ГЕОХИМИЯ. ГЕОФИЗИКА

Геодинамический спутник и солнечные фотоны*	11	110
Голос торнадо услышан*	6	110
"Горячие точки" литосферных плит дрейфуют сами?*	8	116
Из подводного вулкана рождается остров*	10	115
Картирование магнитосферы Земли*	7	104
Комментарий к проблеме "горячей точки"*. <b>Пуцаровский Ю.М.</b>	8	116
Кристалл ставролита в алмазе*	8	117
Магнитная история Земли удревняется*	10	116
Мантийный плюм под Исландией*	11	121
Новый взгляд на "горячие точки"*	8	115
Открытие нового тектонического пояса на Балтийском щите. <b>Осторовский А.А.</b>	10	27
Состав морской воды непостоянен*	10	123
Тайфуны вызвали сели на склонах Пинатубо*	5	112

- Электромагнитное излучение разрушающихся пород\* 10 120  
 Энерговыведение приливов\* 10 115

#### СЕЙСМОЛОГИЯ. ВУЛКАНОЛОГИЯ

- Верхнечетвертичные вулканы Западной Чукотки. **Игнатьев В.А., Сизых В.И.** 3 29  
 Восток и Центр США сейсмичны\* 10 117  
 Гигантские обвалы на вулканах. **Белоусов А.Б., Белоусова М.Г.** 11 70  
 Грозный Попокатепетль не успокаивается\* 4 116  
 Двойной рифт таит двойную опасность\* 12 76  
 Землетрясения в столице. **Никонов А.А.** 9 76  
 Землетрясения и безопасность\* 10 117  
 Крип предсказывает землетрясение\* 10 118  
 Медленное землетрясение\* 5 112  
 Метеоспутник — вулканологам\* 3 119  
 Монгольский урок для калифорнийских сейсмологов\* 10 120  
 Непредсказуемый вулкан\* 6 111  
 Неспokoйная весна у вулканологов\* 1 118  
 Обрушения вулкана\* 2 121  
 Сейсмическое прогнозирование безопасно?\* 7 116  
 Сланцы смягчают толчок\* 10 119  
 800 лет активности вулкана Ясур\* 7 116

#### ГЕОГРАФИЯ. КЛИМАТОЛОГИЯ. МЕТЕОРОЛОГИЯ

- "БАРЕНЦ, ШПИЦБЕРГЕН, АРКТИКА"  
 По следам экспедиций Виллема Баренца. **Корякин В.С.** 8 19  
 Страна гор и ледников. **Зингер Е.М.** 8 30  
 Маршруты 1996 года. **Глазов М.В., Горячкин С.В., Жидков В.Н.** 8 46
- Бабочки о климате\*. **Каабак Л.В., Сочивко А.В.** 3 120  
 Вариации Эль-Ниньо — для прогноза лесных пожаров\* 1 118  
 Вслед за торнадо\* 10 126  
 Вулкан Томборо вмешался в битву при Ватерлоо\* 2 123  
 Вулканы изменяют погоду\* 10 125  
 Выбор климатологической стратегии\* 5 113

- Геополитический атлас Кавказа. **Полян П.М.** 11 82  
 Два забытых чертежа московских земель. **Кусов В.С.** 9 24  
 Зимовка на вершине Гренландии\* 12 43  
 Изменение природных зон Российской Арктики.  
 Экспедиция "Экология тундры—94". **Глазов М.В., Горячкин С.В.** 5 32  
 Искусственный дождь: новый метод\* "Исток Амазонки, 96". **Палкевич Я., Ушнурцев С.Н.** 7 118  
 Крупнейшее подледное озеро Антарктиды\* 6 33  
 10 126  
 Ландшафтно-геоморфологические особенности Москвы. **Лихачева Э.А., Насимович Ю.А., Александровский А.Л.** 9 4  
 Меняется ли климат России?\* 7 117  
 Миграция границы тундра—лес при изменяющемся климате. **Величко А.А., Борисова О.К., Кременецкий К.В.** 2 34  
 Мощные стоки подземных рек\* 2 122  
 Новая модель начала эпохи оледенения\* 12 78  
 Ограничения на водопользование неизбежны\* 3 121  
 Озонная дыра над Гавайями\* 9 146  
 Озонные дыры ставят новый рекорд?\* 10 50  
 Причины засухи 1996 г. в США\* 7 117  
 Станция ЮАР в Антарктиде\* 10 127  
 Тенденции изменения климата Москвы. **Исаев А.А.** 9 19  
 "Термометры" на околоземной орбите\* 3 120  
 Эль-Ниньо и климат Ближнего Востока\* 2 123

#### ОКЕАНОЛОГИЯ

- Гидротермы в море Лаптевых\*. **Виноградов Г.М.** 1 117  
 "Ёри" -- кальмарий бич\* 1 103  
 Заключительный рейс по проекту "ВОСЕ"\* 6 110  
 Ископаемые водоросли антарктического озера\* 12 78  
 Карта рельефа дна — по спутниковой информации\* 4 115  
 "Летающая" подлодка\* 3 120  
 Математика крутых волн\* 10 124  
 Новый проект аквакультурного хозяйства\* 2 119  
 Одиссея тихоокеанского краба\* 4 116  
 От Атласа Варяжского моря к Атласу

Мирового океана. <b>Дроздина С.С., Виноградов В.Н., Турчакова В.В.</b>	8	104
Открыто кольцеобразное течение в Ирландском море*	9	144
Подводная обсерватория для дли- тельных исследований*	6	110
Родники и минеральные источники Москвы и Подмосковья. <b>Широко- ва В.А.</b>	9	85
Рыбакам помогают искусственные риффы*	3	122
Синоптические вихри открытого океана. <b>Кошляков М.Н.</b>	6	17
Угроза затопления была преувеличе- на*	7	116
Что "запустило" Гольфстрим?*	12	77
Эль-Ниньо приходит все чаще и становится длительнее*	7	115
<b>ПАЛЕОНТОЛОГИЯ. ПАЛЕОГЕОГРА- ФИЯ. ПАЛЕОАНТРОПОЛОГИЯ</b>		
<i>Homo erectus</i> — первооткрыватель Евразии. <b>Любин В.П.</b>	11	3
Важное "недостающее звено" найде- но*	8	103
Где руки, там и голова*. <b>Лебедев О.А.</b>	5	114
Жизнь на Земле на 350 миллионов лет старше?*	2	124
Загадочные организмы*. <b>Белянова Л.П.</b>	4	118
Зачем шипы докембрийскому фито- планктону? <b>Бурзин М.Б.</b>	2	98
Инкубатор мелового периода*	5	93
Как ходил протоцератопс?*	6	112
Куда текли сибирские реки во вре- мена ледниковых периодов? <b>Кар- наухов А.В., Карнаухова В.Н.</b>	1	46
Находки на острове Сеймур*	7	120
Непрямая дорога к прямохождению*	9	145
Парадоксы палеоклимата*	7	118
По тундре из Азии в Америку*. <b>Не- сис К.Н.</b>	7	121
Прародина первых американцев*	3	122
Рыбы Северной Евразии в четвер- тичный период*	1	120
Следы древнейшей жизни в косми- ческих телах Солнечной системы. <b>Жмур С.И., Розанов А.Ю., Гор- ленко В.М.</b>	8	3
Вместо послесловия. <b>Ярошевский А.А.</b>	8	9
Строительство минерального скелета древнейшими организмами. <b>Уша- тинская Г.Т., Герасименко Л.М.</b>	7	16
Тяжелые металлы в атмосфере прошлого*	7	119

## АРХЕОЛОГИЯ. ЭТНОГРАФИЯ

Археологические новости Московско- го Кремля*. <b>Панова Т.Д.</b>	9	139
Вино эпохи неолита*	2	33
Вторая Китайская стена*	3	123
Изотопные часы исторического про- цесса. <b>Черных Е.Н.</b>	2	20
Клей -- вещество древнее*	3	123

## МОСКВА ОТ ВЕКА К ВЕКУ

Археологические карты Москвы. <b>Бойцов И.А., Кренке Н.А., Низовцев В.А., Чернов С.З.</b>	4	26
Памятники предыстории Москвы. <b>Кренке Н.А.</b>	4	33
Реконструкция ландшафтов средневековой Москвы. <b>Бой- цов И.А.</b>	4	45
Округа Москвы в XII— XVI вв. <b>Чернов С.З.</b>	4	61

Наркотики известны издревле*	4	117
Новая хронология для древнего Сре- диземноморья*	2	32
Объект генетических исследований -- мумии*	5	115
Осетровые в период новой эры*	6	113
"Флотилия" древних каноэ*	4	117
"Хорошая" и "плохая" смерть в сла- вянской мифологии. <b>Виноградова Л.Н.</b>	6	88
Одиново — поселение охотников на мамонта. <b>Абрамова Э.А., Григо- рьева Г.В.</b>	7	102
20 тысяч лет назад в Канаде жили люди*. <b>Березкин Ю.Е.</b>	7	122

## ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ

Океанический планктон над глубоко- водными гидротермами. <b>Вино- градов Г.М.</b>	11	86
"Полярштерн" в Северном Ледови- том океане. <b>Тимофеев С.Ф., Иванов В.В.</b>	5	48

## РАКУРСЫ

Ватикан, осень 1996. <b>Минин Ю.И.</b> Вернадский и Самойлов: тайные	8	61
---	---	----

## РЕДАКЦИОННАЯ ПОЧТА

У могилы Софьи Ковалевской. **Блох А.М.** 1 92

## РЕЦЕНЗИИ

Баллада о московских мостовых. **Борисов В.П.** 9 154

Биологи — про красоту. **Багоцкий С.В.** 4 123

В лабиринтах проблем современной экологии. **Мирун Б.М., Хазиахметов Р.М.** 1 121

Глазами Г.В.Стеллера. **Корякин В.С.** 3 124

"Золотая книга", или "Печаль моя светла". **Карлов Н.В.** 7 123

"На запасном пути". **Полян П.М.** 5 116

Наш общий научный дом. **Чеснова Л.В.** 8 118

Наши национальные парки. **Скворцов А.К.** 6 114

Портрет в интерьере ИФП. **Каганов М.И.** 12 80

Растения — кормилицы и лекари. **Миркин Б.М., Наумова Л.Г.** 11 122

Энциклопедия проблем биологического разнообразия. **Скворцов А.К.** 2 125

## РЕЗОНАНС

Концепция устойчивого развития, рынок и социализм. **Крылов О.В.** 1 124

Математики и история. **Новиков С.П.** 2 70

Мы весь, мы древний мир разрушим? **Бялко А.В.** 2 75

Научный метод и ошибки. **Серебряный А.И.** 3 96

Нелегальный промысел китов в Южном полушарии. **Яблоков А.В., Земский В.М., Михалев Ю.А., Тормосов Д.Д.** 6 83

ПО СЛЕДАМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
Н.А.КОЗЫРЕВА

Открытое письмо. **Базилевский А.Т.** 4 107

Ответ А.Т.Базилевскому. **Бялко А.В.** 4 108

## КОРОТКО

1 42  
5 18  
5 31  
6 32  
7 103  
8 105  
10 20  
10 26  
10 87  
11 85

## ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

Восемь веков истории Москвы. **Вавилов С.И.** 4 125

Еще раз о Н.И.Вавилове и Т.Д.Лысенко.

У истоков "лысенковщины". **Волков В.А.** 11 125

История несостоявшейся эволюционной теории. **Даревский И.С.** 8 121

Некоторые уточнения. **Левина Е.С.** 11 127

Неприятности с "Венерой". **Бронштэн В.А.** 2 127

Первый исследователь Москвы. **Илизаров С.С.** 9 156

Переменчивая судьба Зигмунда Врублевского. **Волков В.А.** 7 125

## РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

2 69  
3 17  
4 128  
6 128  
10 44  
10 87  
11 126  
12 69

## В КОНЦЕ НОМЕРА

Идеальный математик. **Дейвис Ф. Дж., Херш Р., Мариозотто Е.А.** 3 126

Физтех: игра в бисер 5 118

6 117

# Авторский указатель журнала "Природа" за 1997 год

Абрамова З.А. (см. Григорьева Г.В.)	7	102	2	112	Гапонова И.С.	11	39
Авилова К.В. (см. Винogradов Г.М.)	6	99	5	81	Герасименко Л.М. (см. Ушацкая Г.Т.)	11	49
Адрианов А.В. (см. Малахов В.В.)	3	3	4	45	Гиляров А.М.	7	16
	7	26				5	105
Александровский А.Л. (см. Лисачева Э.А., Насимович Ю.А.)	9	4	4	26	Гинцбург А.Л. (см. Романова Ю.М.)	5	3
Андреев А.Ф. (см. Дмитриев В.В., Фомин И.А.)	1	94	8	78	Глазов М.В. (см. Горячкин С.В.)	5	32
Андреева А.И. (см. Даванков В.А., Цорупа М.П., Пастухов А.В., Маслова Л.А., Ильин М.М., Павлова Л.А., Тарабаева О.Г.)	10	51	9	154	Глазов М.В. (см. Горячкин С.В., Жидков В.Н.)	8	46
Антонов А.С.	10	55	2	34	Голубовская И.Н.	10	64
Апт А.С. (см. Литвинов В.И.)	1	100	11	49	Голубовский М.Д.	6	67
Арутюнян Э.Г. (см. Малик-Адамян В.Р., Поляков К.М.)	7	61	11	89	Голубовский М.Д. (см. Чураев Р.Н.)	4	16
Астахова О.О. (см. Портнова И.В.)	9	60	4	102	Горбатый Ю.Е. (см. Калининчев А.Г., Бондаренко Г.В.)	8	78
Астахова О.О.	12	68	1	40	Горленко В.М. (см. Жмур С.И., Розанов А.Ю.)	8	3
Бабкин А.В.	3	90	2	127	Горячкин Н.И. (см. Созинов Н.А., Ермолаев Н.П., Чиненов В.А., Хорошилов В.Л.)	8	11
Багоцкий С.В.	4	123	1	87	Горячкин С.В. (см. Глазов М.В.)	5	32
Базанова Л.И. (см. Пинегина Т.К., Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Сторчюс А.В.)	4	102	4	108	Горячкин С.В. (см. Глазов М.В., Жидков В.Н.)	8	46
Базилевский А.Т.	4	107	10	3	Григорьева Г.В. (см. Абрамова З.А.)	7	102
	10	21	4	92	Гридин О.М.	5	124
	11	105	7	27	Гришин А.А. (см. Лавровский Э.К., Ленский А.В., Формальский А.М.)	6	26
Барабанов И.Р. (см. Дрогоцкий Г.В.)	1	81	10	73	Громов С.П.	10	45
Басов И.А.	1	114	4	125	Даванков В.А. (см. Цорупа М.П., Пастухов А.В., Маслова Л.А., Ильин М.М., Павлова Л.А., Андреева А.И., Тарабаева О.Г.)	10	51
	2	120	4	92	Даревский И.С.	8	121
	3	118	4	92	Дейвис Ф. Дж. (см. Херш Р., Маркизотто Е.А.)	3	126
	5	111	7	27	Демидов С.С.	9	98
	6	108	12	33	Демченко С.И. (см. Иванов В.П.)	1	16
	7	112	10	33	Дмитриев В.В.	12	10
	8	113	10	73	Дмитриев В.В. (см. Андреев А.Ф., Фомин И.А.)	1	94
	10	111	4	104	Долгов С.В. (см. Гапоненко А.К.)	5	52
	11	118	2	34	Дрогоцкий Г.В. (см. Барабанов И.Р.)	1	81
Белоусов А.Б. (см. Белоусова М.Г.)	11	70	9	113			
Белоусов Л.В. (см. Воейков В.Л., Попп Ф. А.)	3	64	2	34			
Белоусова М.Г. (см. Белоусов А.Б.)	11	70	2	34			
Белоцерковский С.М.	10	5	9	113			
Белянова Л.П.	4	118	6	88			
	9	147	5	94			
	11	36	6	102			
Березкин Ю.Е.	7	122	3	18			
Блох А.М.	1	92	3	18			
			6	88			
			5	94			
			6	102			
			3	18			
			3	64			
			7	125			
			11	125			
			2	86			
			5	52			
			4	45			
			4	26			
			8	78			
			11	49			
			9	154			
			2	34			
			4	102			
			1	40			
			2	127			
			1	87			
			2	84			
			3	50			
			5	99			
			6	79			
			11	89			
			2	98			
			11	102			
			1	68			
			2	75			
			4	108			
			10	3			
			4	125			
			4	92			
			7	27			
			12	33			
			10	73			
			2	34			
			9	113			
			8	104			
			6	99			
			1	117			
			11	86			
			6	88			
			5	94			
			6	102			
			3	18			
			3	64			
			7	125			
			11	125			
			2	86			
			5	52			
Бойцов И.А.			4	45			
Бойцов И.А. (см. Кренке Н.А., Низовцев В.А., Чернов С.З.)			4	26			
Бондаренко Г.В. (см. Горбатый Ю.Е., Калининчев А.Г.)			8	78			
Бор Ханс			11	49			
Борисов В.П.			9	154			
Борисова О.К. (см. Валичко А.А., Кременецкий К.В.)			2	34			
Брайцева О.А. (см. Пинегина Т.К., Мелекесцев И.В., Базанова Л.И., Сторчюс А.В.)			4	102			
Бронштэн В.А.			1	40			
Булавинцев В.И.			2	127			
			1	87			
			2	84			
			3	50			
			5	99			
			6	79			
			11	89			
			2	98			
			11	102			
			1	68			
			2	75			
			4	108			
			10	3			
Бурзин М.Б.			4	125			
Бутаков Ю.Г.			4	92			
Бялко А.В.			7	27			
			12	33			
			10	73			
Вавилов С.И.			4	125			
Верещаковский Ф.Л.			4	92			
Василенко Ж.Г. (см. Сурдин В.Г.)			7	27			
Васильев А.Н.			12	33			
Васильев Ю.М.			10	73			
Валичко А.А. (см. Борисова О.К., Кременецкий К.В.)			2	34			
Визгин В.П.			9	113			
Виноградов В.Н. (см. Дроздина С.С., Турчакова В.В.)			8	104			
Виноградов Г.М. (см. Авилова К.В.)			6	99			
Виноградов Г.М.			1	117			
Виноградова Л.Н.			11	86			
Виноградова Т.Н.			6	88			
Владимиров Ю.А.			5	94			
Воейков В.Л. (см. Белоусов Л.В., Попп Ф. А.)			3	64			
Волков В.А.			7	125			
Волков В.П.			11	125			
Гапоненко А.К. (см. Долгов С.В.)			2	86			
			5	52			

Дроздина С.С. (см. Виноградов В.Н., Турчакова В.В.)	8	104	Короткевич Г.В.	12	62	Малик-Адамян В.Р. (см. Арутюнян Э.Г., Поляков К.М.)	7	61
Дубовский Л.Б. (см. Румянцев А.Ю.)	11	13	Корякин В.С.	3	124	Миноранский В.А.	2	52
Еловенко В.Н.	6	98	Кошляков М.Н.	6	17	Миркин Б.М. (см. Наумова Л.Г.)	11	122
Ермолаев Н.П. (см. Созинов Н.А., Горячкин Н.И., Чиненов В.А., Хорошилов В.Л.)	8	11	Красилов В.А.	2	50	Миркин Б.М. (см. Хазиахметов Р.М.)	1	121
Есаков В.Д.	9	131	Креманецкий К.В. (см. Величко А.А., Борисова О.К.)	2	34	Михайлов К.Г.	1	109
Жалудева С.И. (см. Ковальчук М.В., Носик В.Л.)	2	54	Кренке Н.А.	4	33		2	116
Жидков В.Н. (см. Глазов М.В., Горячкин С.В.)	8	46	Кренке Н.А. (см. Бойцов И.А., Низовцев В.А., Чернов С.З.)	4	26		2	117
Жмур С.И. (см. Розанов А.Ю., Горленко В.М.)	8	3	Крылов О.В.	1	124		5	107
Зайцев А.М.	10	12	Курт В.Г.	4	74		8	111
Земский В.М. (см. Яблоков А.В., Михалев Ю.А., Тормосов Д.Д.)	6	83	Кусов В.С.	9	24		11	115
Зингер Е.М.	6	30	Лавровский Э.К. (см. Гришин А.А., Ленский А.В., Формальский А.М.)	6	26	Михалев Ю.А. (см. Яблоков А.В., Земский В.М., Тормосов Д.Д.)	6	83
Иванов В.В. (см. Тимофеев С.Ф.)	5	48	Лебедев В.Н. (см. Маркин В.А.)	4	3	Моисеева И.Г. (см. Лисичкина М.Г., Никифоров А.А.)	1	71
Иванов В.П. (см. Демченко С.И.)	1	16	Лебедев О.А.	5	114	Морозова Г.В. (см. Самойлов Б.Л.)	9	29
Игнатьев В.А. (см. Сизых В.И.)	3	29	Левина Е.С.	11	127	Самойлов Б.Л.	10	39
Илизаров С.С.	9	156	Ленский А.В. (см. Гришин А.А., Лавровский Э.К., Формальский А.М.)	6	26	Самойлов Б.Л.	10	39
Ильин М.М. (см. Даванков В.А., Цюрупа М.П., Пастухов А.В., Маслова Л.А., Павлова Л.А., Андреева А.И., Тарабаева О.Г.)	10	51	Либенсон М.Н.	4	82	Найденов В.И. (см. Швейкина В.И.)	5	19
Исаев А.А.	9	19	Лисичкина М.Г. (см. Моисеева И.Г., Никифоров А.А.)	1	71	Насимович Ю.А. (см. Лизичева Э.А., Александровский А.Л.)	9	4
Каабак Л.В. (см. Сочивко А.В.)	2	115	Лисовская Т.Ю.	4	110	Наумова Л.Г. (см. Миркин Б.М.)	11	122
Каганов М.И.	12	80	Литвинов В.И. (см. Алт А.С.)	1	100	Несветов А.М.	7	3
Калиничев А.Г. (см. Горбатый Ю.Е., Бондаренко Г.В.)	8	78	Лихачева Э.А. (см. Насимович Ю.А., Александровский А.Л.)	9	4	Несис К.Н.	1	66
Калякин В.Н.	11	54	Лукьянов С.Ю. (см. Трубников Б.А.)	2	5		3	94
Капица П.Л.	12	19	Львов Ю.М.	3	39		7	121
	9	111	Любин В.П.	11	3		8	101
	12	10	Магазаник Л.Г.	10	81		10	97
Карелин А.А.	6	3	Малахов В.В. (см. Адрианов А.В.)	7	26	Низовцев В.А. (см. Бойцов И.А., Кренке Н.А., Чернов С.З.)	4	26
Карлов Н.В.	7	123	Манин Ю.И.	8	61	Никифоров А.А. (см. Моисеева И.Г., Лисичкина М.Г.)	1	71
Карнаухов А.В. (см. Карнаухов В.Н.)	1	46	Маркизотто Е.А. (см. Дейвис Ф.Дж., Херш Р.)	3	126	Николаева Г.М.	1	113
Карнаухов В.Н. (см. Карнаухов А.В.)	1	46	Маркин В.А. (см. Лебедев В.Н.)	4	3	Никонов А.А.	9	76
Клечковская В.В.	7	32	Марченко А.Г.	12	57	Новиков Б.В.	7	80
Ковальчук М.В. (см. Жалудева С.И., Носик В.Л.)	2	54	Маслова Л.А. (см. Даванков В.А., Цюрупа М.П., Пастухов А.В., Ильин М.М., Павлова Л.А., Андреева А.И., Тарабаева О.Г.)	10	51	Новиков С.П.	8	54
Колясников Ю.А.	7	23	Масс А.М. (см. Супин А.Я.)	10	88	Носик В.Л. (см. Жалудева С.И.)	2	70
Кондратьев А.Б.	6	117	Мелекесцев И.В. (см. Пинагина Т.К., Брайцева О.А., Базанова Л.И., Стоячев А.В.)	4	102	Осипов Ю.С.	2	54
						Островский А.А.	10	27
						Островский Б.И.	7	50
						Павлова Л.А. (см. Даванков В.А., Цюрупа М.П., Пастухов А.В., Маслова Л.А., Ильин М.М., Андреева А.И., Тарабаева О.Г.)	10	51
						Паклина Н.В.	6	106
							7	91
						Палкевич Я.		





## Людмила Михайловна Боярская (17/X 1939 — 9/XI 1997)



Нет с нами Людмилы Михайловны Боярской. С этим трудно смириться. Она пришла в «Природу» в 1968 году, чуть застенчивая, молчаливая и прекрасная. Ей тогда не исполнилось и тридцати, но за плечами уже был солидный отрезок жизненного пути: работа в типографии «Московской правды» и одновременно учеба в Полиграфическом институте, молодая семья, маленький сын. Став заведующей производством, а затем художественным редактором, Людмила Михайловна буквально сроднилась с журналом, выросла в профессионала высокого класса, обрела чувство уверенности в себе и завоевала всеобщую любовь и уважение. «Природа» очень много значила для

нее, как и она — для «Природы». Сделанное ею — тысячи просчитанных и размеченных страниц текста, художественно оформленных полос верстки и многое другое — не имеет авторской подписи, но имя ее (оно и сегодня указано в выходных данных) сохранится в истории «Природы».

В сердцах тех, кто знал Людмилу Михайловну, она оставила неизгладимый след. Она была исключительно добрым и верным другом, человеком сильной и ясной души, скромным и самоотверженным. На таких людях земля держится.

**Мы глубоко скорбим вместе с ее близкими.**

*Редакция*

Над номером работали  
Ответственный секретарь  
Ю.К.ДЖИКАЕВ

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

Литературный редактор  
М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественные редакторы  
Л.М.БОЯРСКАЯ  
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией  
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор  
Г.С.ДОРОХОВА

Компьютерный набор  
Е.Е.ЖУКОВА

Перевод  
П.А.ХОМЯКОВ

Корректоры  
Л.М. ФЕДОРОВА  
Р.С.ШАЙМАРДАНОВА

В художественном оформлении  
номера принимал участие  
М.В.ИВАНОВСКИЙ

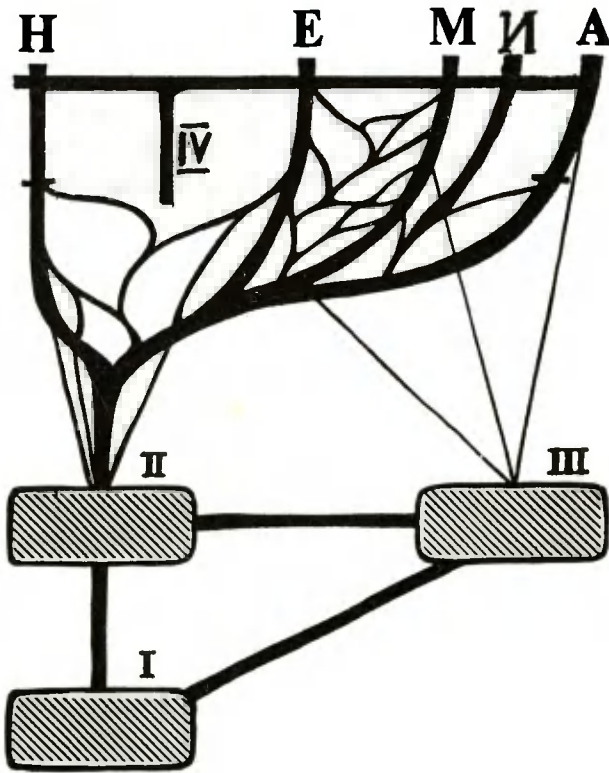
Издательство «Наука» РАН

Адрес редакции:  
117810, Москва, ГСП-1  
Мароновский пер., 26  
Тел.: 238-24-56, 238-23-33  
Факс: (095) 238-26-33

Справки:  
[\http://www.ripr.net/infomag](http://www.ripr.net/infomag)

Подписано в печать 24.11.97.  
Бумага типографская № 1  
Офсетная печать  
Усл. печ. л. 7,74  
Усл. кр.-отт. 67,8 тыс.  
Уч.-изд. л. 11,6  
Заказ 2086

Ордена Трудового Красного  
Знамени Чеховский  
полиграфический комбинат  
Комитета Российской  
Федерации по печати  
142300, г. Чехов  
Московской области  
Тел.: (272) 71-336  
Факс: (272) 62-536



Казалось бы, этапы эволюции человеческого рода давно известны, его таксономия разработана, время и место возникновения главных и вторичных рас изучены. Но это не совсем так. Оказывается, новые материалы и иной подход к анализу уже известных фактов позволяют полнее представить естественную историю рода *Ното*, рода, в чьей эволюции постоянно рождались новые направления развития — и прогрессивные, и тупиковые. Гоминиды разных эволюционных ветвей расселялись по планете, приспосабливались к новым условиям, смешивались друг с другом. Возник человек современного типа, а его расы оказались родственными не только благодаря единому — африканскому — корню, но и поздней миграции, которая охватила почти всю ойкумену.

**Зубов А. А. ЕСТЕСТВЕННАЯ ИСТОРИЯ ДРЕВНЕГО ЧЕЛОВЕЧЕСТВА**

