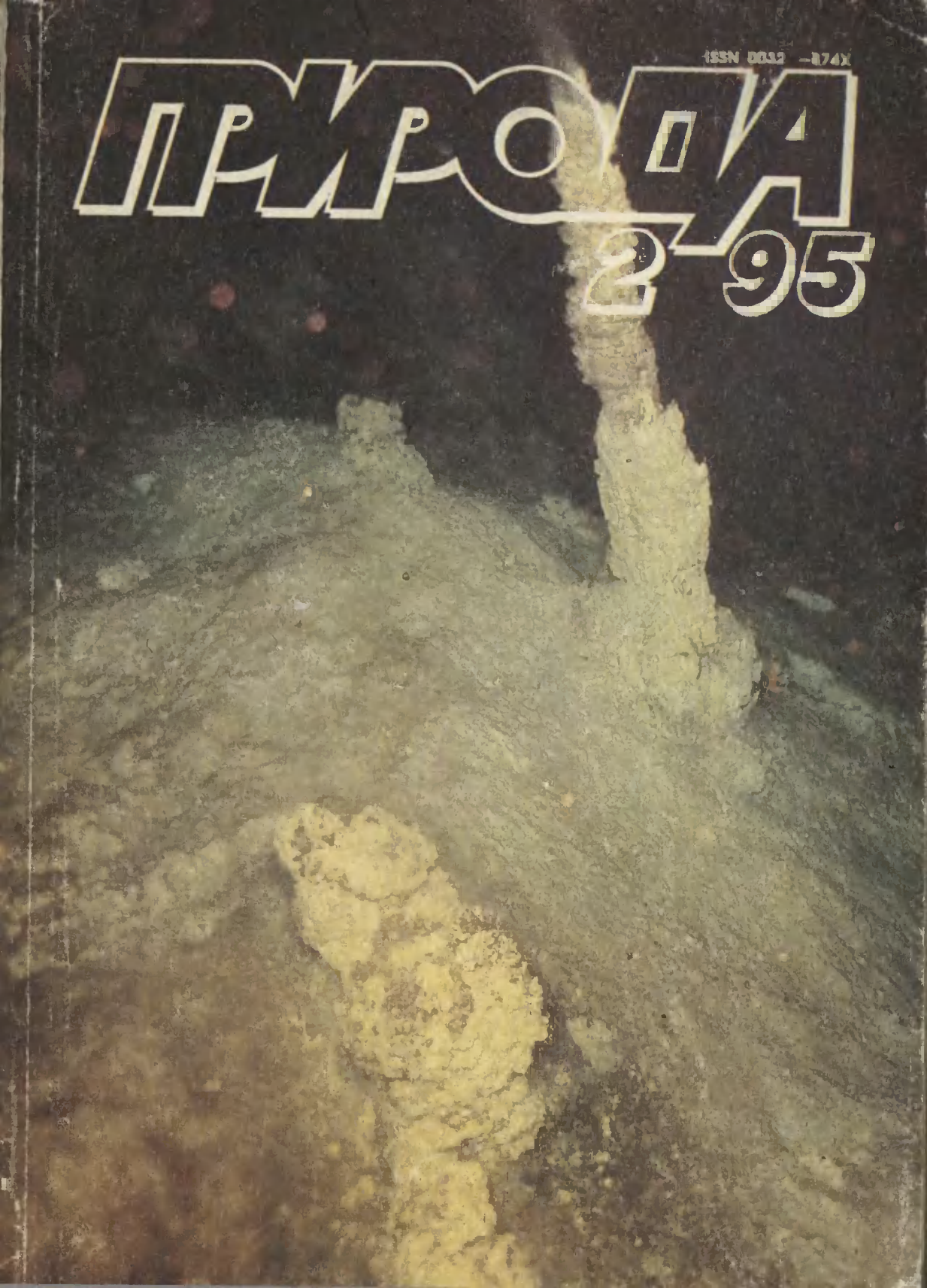


ISSN 0032 - 874X

ПРОДА

2 95



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 (ответственный секретарь), член-корреспондент РАН Н.А.БОГДАНОВ (геология), член-корреспондент РАН В.Б.БРАГИНСКИЙ (физика), член-корреспондент РАН А.Л.БЫЗОВ (физиология), доктор географических наук А.А.ВЕЛИЧКО (палеогеография), академик АМН А.И.ВОРОБЬЕВ (медицина), доктор биологических наук Н.Н.ВОРОНЦОВ (охрана природы), академик М.Е.ВИНОГРАДОВ (биоокеанология), член-корреспондент РАН С.С.ГЕРШТЕЙН (физика), доктор географических наук Н.Ф.ГЛАЗОВСКИЙ (география), академик Г.С.ГОЛИЦЫН (физика атмосферы), академик Г.В.ДОБРОВОЛЬСКИЙ (почвоведение), академик В.А.ЖАРИКОВ (геология), член-корреспондент РАН Г.А.ЗАВАРЗИН (микробиология, экология), М.Ю.ЗУБРЕВА (редактор отдела географии и океанологии), академик В.Т.ИВАНОВ (биоорганическая химия), академик В.А.КАБАНОВ (общая и техническая химия), Г.В.КОРОТКЕВИЧ (редактор отдела научной информации), академик Н.П.ЛАВЕРОВ (геология), Л.Д.МАЙОРОВА (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), 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.УСПЕНСКАЯ (редактор отдела философии, истории естествознания и публицистики), академик Л.Д.ФАДДЕЕВ (математика), доктор биологических наук М.А.ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор биологических наук С.Э.ШНОЛЬ (биология, биофизика), О.И.ШУТОВА (редактор отдела экологии и химии), доктор физико-математических наук А.М.ЧЕРЕПАШУК (астрономия, астрофизика).

НА ПЕРВОЙ И ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦАХ ОБЛОЖКИ. Гидротермальная постройка на подводном вулкане Пийпа. Образец сульфидной руды. Вокруг рудоподводящего канала виден агрегат медного колчедана. См. в номере: Крестов С.Г. Крупные сульфидные залежи в океане.



Издательство «Наука» РАН

© Российская академия наук
журнал «Природа» 1994

В НОМЕРЕ

3 Крессов С. Г. КРУПНЫЕ СУЛЬФИДНЫЕ ЗАЛЕЖИ В ОКЕАНЕ

Главная цель проводящихся во всем мире исследований "курмльщиков" в океане — понять, при каких условиях формируются в его глубинах крупные сульфидные тела, аналоги колчеданных месторождений суши.

15 Бисноватый-Коган Г. С. ПУЛЬСАРЫ — НОВЫЕ ОТКРЫТИЯ И ПРОБЛЕМЫ

Почти 30-летняя история исследования пульсаров принесла новые находки. Важнейшие из них — обнаружение этих звезд в двойных системах и установление того факта, что некоторые пульсары движутся с огромными скоростями.

25 Виноградов Г. М. ПУТИ ЭКСПАНСИИ МОРСКИХ РАЧ- КОВ

35 Барабаш А. С. ДВОЙНОЙ β -РАСПАД И ЕГО ПОИС- КИ

Экспериментально подтверждено, что некоторые ядра могут испытывать двухнейтринный двойной β -распад, когда два нейтрона в ядре превращаются в два протона с одновременным испусканием двух электронов и двух антинейтрино. Не исключен и более экзотический процесс — без участия нейтрино в конечном состоянии. Наблюдение такого распада приведет к глубоким теоретическим следствиям.

51 Несис К. Н. ЧАСТИ ОСОБОГО НАЗНАЧЕНИЯ — ПРОТИВ МОРСКОЙ ЗВЕЗДЫ

53 Очев В. Г. ЗАГАДОЧНЫЙ КОТЕЛЬНИЧ

Более 60 лет специалисты пытаются объяснить, как возникло огромное захоронение рептилий недалеко от старого русского города Котельнич. От решения этого вопроса во многом зависят выводы о палеогеографии, палеоклимате во всем этом регионе, об экологии населявших его организмов и их истории. Так что же произошло у Котельнича?

60 Сурдин В. Г. РАЗГАДАЙТЕ НЛО

Что же это в конце концов такое и какие природные и технические явления "устраняют" время от времени праздник для любителей таинственного?

72 Короткевич Г. В. МОСКОВСКАЯ АССАМБЛЕЯ GLOBE INTERNATIONAL

78 Анисимов В. Н. ВИДЕОТЕРМИНАЛЫ — УГРОЗА ЗДО- РОВЬЮ?

Бурное развитие техники приводит к тому, что наше жизненное пространство постоянно заполняется электромагнитными полями. По мнению медиков, это далеко не безразлично для здоровья человека.

86 Шулейкина-Турпаева К. В. "НАСТОЯЩИЙ ПУТЬ ЧЕЛОВЕКА — ТВОРЧЕСТВО"

К 100-летию со дня рождения В. В. Шулейкина

Создатель нового научного направления — физики моря — В. В. Шулейкин был не только выдающимся ученым и организатором научных исследований. Человек, бесконечно преданный науке, он в то же время серьезно занимался музыкой, живописью, поэзией.

100 Лагго С. С. МЕХАНИЗМ МЕЖОКЕАНСКОГО ОБ- МЕНА ТЕПЛОМ И СОЛЯМИ

В. В. Шулейкин считал климатом результат наложения работы пяти природных тепловых машин атмосферы Земли. Еще одной такой составляющей климата, по-видимому, является механизм глобального обмена теплом и солями, работа которого заметна и в океане, и на суше.

107 ЭПИЗОДЫ "КОСМИЧЕСКОЙ ГОНКИ" Интервью с Дж. Ван Алленом

112 Темный В. В. ПОСЛЕСЛОВИЕ ИСТОРИКА

115 НОВОСТИ НАУКИ (14)

КОРОТКО (50)

РЕЦЕНЗИИ

125 Шрейдер Ю. А. ОБ ИСКУССТВЕ НЕОБЫЧНЫХ ВЫЧИС- ЛЕНИЙ

ОБЪЯВЛЕНИЯ (127)

IN THIS ISSUE

3 Kramov S. G.
HUGE SULPHIDE DEPOSITS IN THE OCEAN

The main goal of the investigations of "black smokers" in the world ocean is to understand the conditions necessary for the formation in the ocean of huge sulphide deposits analogous to pyrite deposits on land.

15 Blinovskiy-Kogan G. S.
PULSARS — NEW DISCOVERIES AND NEW PROBLEMS

The nearly 30-years investigation history of pulsars came to new openings. The most valuable ones among them are the discovery of these stars in double systems and the ascertainment of the fact that some of them move at very high speed.

25 Vinogradov G. M.
WAYS OF EXPANSION OF SEA CRAWFISH

35 Barabash A. S.
IN SEARCH OF 2β -DECAY

It is experimentally confirmed that some nuclei may undergo two-neutrino 2β -decay, when two neutrons in the nucleus transfer into two protons with the emission of two electrons and two neutrinos. Even more exotic process, without neutrinos in the final state, may also exist. Its observation will lead to fundamental theoretical conclusions.

51 Nesis K. N.
SPECIAL FORMATIONS AGAINST THE SEA STARS

53 Ochev V. G.
THE ENIGMATIC KOTELNICH

More than 60 years scientists are trying to explain how a huge deposit of reptiles near Kotelnich, the old Russian city, was formed. The answer to this question will affect the conclusions on paleogeography and paleoclimate of all this region, of its habitat ecology and their history. So, what has happened near Kotelnich?

60 Surdin V. G.
TRY TO INTERPRET UFO
UFO, what is it after all? What natural and technical phenomena make up from time to time "happenings" for mystery-fanciers?

72 Korotkevich G. V.
MOSCOW ASSEMBLY OF GLOBE INTERNATIONAL

78 Anisimov V. N.
ARE VIDEO TERMINALS HAZARDOUS TO HEALTH?

As a result of fast technical development our environment is getting filled with different electromagnetic fields. Physicians are of the opinion that this is far from being indifferent for the human health.

86 Shuleikina-Turpeeva K. V.
"THE TRUE WAY FOR THE HUMANS IS CREATIVENESS"

100-th anniversary of V. V. Shuleikin

The author of a new scientific field, physics of the sea, V. V. Shuleikin was a prominent scientist and research coordinator. But more than that. Being truly devoted to science he was also deeply interested in music, painting, poetry.

100 Lappo S. S.
SALT AND HEAT EXCHANGE MECHANISM BETWEEN THE OCEANS

In Shuleikin's opinion climate on the Earth is a result of the superposition of five natural thermal machines working in the atmosphere. One more component which may form the climate is the mechanism of heat and salt global exchange. It's action is visible both on land and sea.

107 SOME EPISODES OF THE "COSMIC RACE". Interview with J. van Allen

112 Tenny V. V.
HISTORIAN'S AFTERWORD

115 SCIENCE NEWS (14)

NEWS IN BRIEF (50)

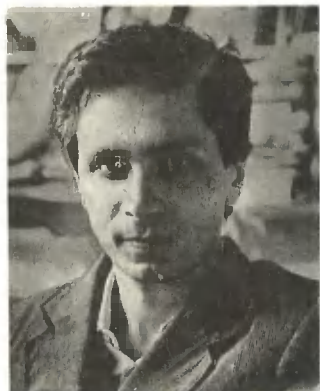
BOOK REVIEWS

125 Shreider Yu. A.
THE ART OF UNUSUAL CALCULATIONS

ANNOUNCEMENTS (127)

Крупные сульфидные залежи в океане

С. Г. Краснов



Сергей Гелиевич Краснов, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института геологии и минеральных ресурсов Мирового океана. Более десяти лет занимается изучением океанского гидротермального рудообразования. Неоднократно публиковался в "Природе".

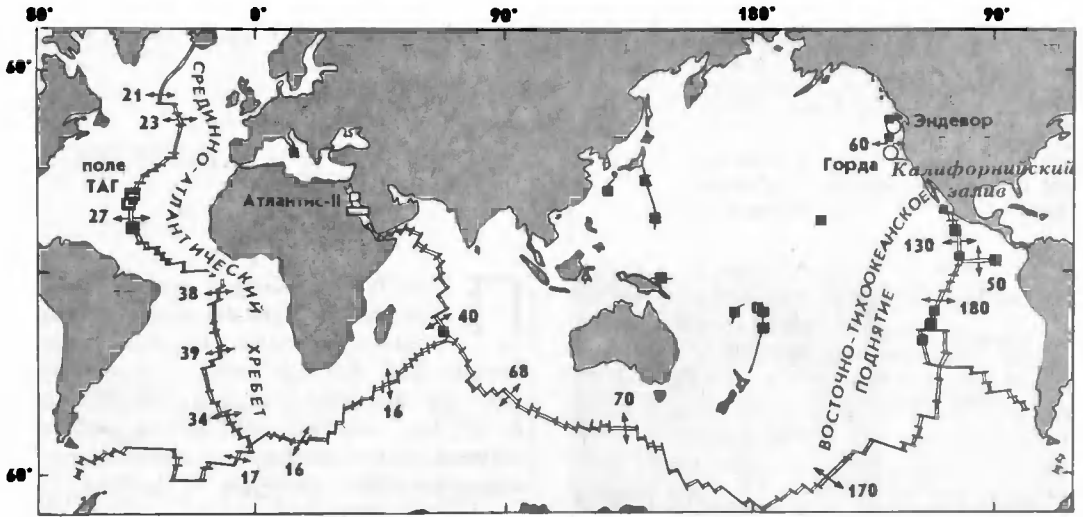
ПЕРЕСТАЛИ быть сенсационными находки в вулканически активных зонах Мирового океана горячих (около 350 °С) источников, формирующих на поверхности дна, на глубинах 2—4 км, залежи сульфидов железа, меди и цинка, иногда со значительными содержаниями серебра и золота¹. Со времени первых открытий конца 70-х годов в срединно-океанических рифтовых зонах — на Восточно-Тихоокеанском поднятии (ВТП), Срединно-Атлантическом хребте (САХ) — и в рифтах западно-тихоокеанской окраины, отделяющих островные дуги от континентов, обнаружено уже более 50 районов развития сульфидных скоплений. Все они представляют собой холмообразные постройки, залегающие на базальтах, реже — на андезитах или осадках и увенчанные сульфидными и ангидритовыми "трубами", по которым из трещин океанского дна попадают на поверхность растворы, насыщенные хлоридами металлов и сероводородом.

Смешение растворов с холодной морской водой приводит к соединению ионов металлов с сульфид-ионом и кристаллизации частиц сульфидных минералов — пирротина, пирита, сфалерита, вюртцита, халькопирита и других, слагающих сульфидную постройку. "Новорожденные" постройки имеют высоту менее метра, зрелые возвышаются над поверхностью дна на многие десятки метров.

В литературе начала 80-х годов сообщалось об открытии на Галапагосском рифтовом поднятии, в экономической зоне Эквадора, крупнейшей

© Краснов С. Г. Крупные сульфидные залежи в океане.

¹ Батурин Г. Н. Сульфидные руды на дне океана // Природа. 1985. № 6. С. 98—105.



- Массивные руды на коренных породах
- Залежи на осадках
- Сульфидоносные илы
- Скорость спрединга, мм/год
- Трансформные разломы

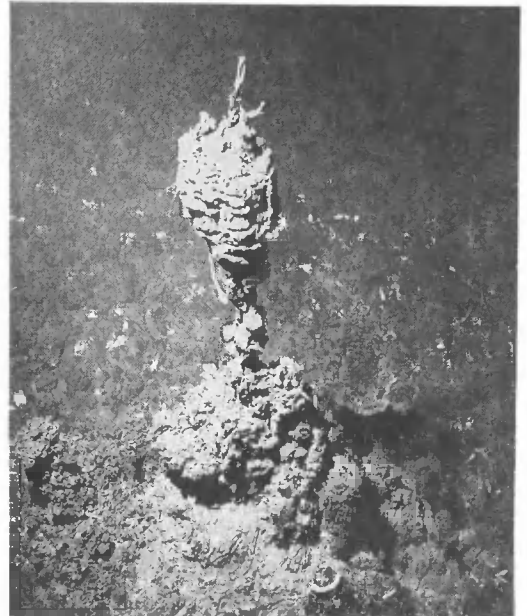
Схема распространения сульфидного оруденения в океане. Размеры значков пропорциональны масштабам рудных скопленений.

сульфидной залежи — "рудного хребта" размерами 1000×200×40 м и массой, оцененной в 25 млн. т. Более поздние исследования, проводившиеся с применением подводных обитаемых аппаратов в том же районе, показали, однако, что за разные части единого рудного тела принимались при первоначальном описании отдельные более мелкие сульфидные постройки. Пример наглядно иллюстрирует, насколько приблизительно информацией приходилось иногда пользоваться геологам в первые годы изучения океанских сульфидных руд.

Сейчас многие рудопроявления на дне океана изучены уже достаточно детально. Крупнейшее из известных рудных тел открыто в пределах гидротермального поля ТАГ (Трансатлантический геотраверс) в Атлантике.

Поле ТАГ, расположенное в осно-

вании восточного борта рифтовой долины САХ вблизи 26 °С с. ш., известно с 1972 г. В совместной советско-американской экспедиции 23-го рейса научно-исследовательского судна "Академик Мстислав Келдыш" Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР в 1991 г. в восточной части поля была обнаружена относительно древняя, утратившая гидротер-



мальную активность рудная постройка². Ее назвали "Мир" — по имени обитаемых подводных аппаратов, сыгравших особую роль в этом открытии³. Согласно данным последующих работ ассоциации "Севморгеология" (Санкт-Петербург), выполненных с борта судна "Профессор Логачев" рудный холм, залегающий на глубине приблизительно 400 м. Высота его достигает 50 м, а объем, по предварительной оценке, — 3 млн. м³. В поднятых с поверхности залежи рудных образцах содержание цинка составляет в среднем 5.5 %, меди — 8.4 %, серебра — 120, а золота — более 4 г на тонну руды. Вряд ли концентрации полезных компонентов во всем объеме залежи столь же высоки. Но даже если они в несколько раз ниже, для условий суши

² Богданов Ю. А., Рона П. А., Гурвич Е. Г. и др. Реликтовые гидротермальные постройки поля ТАГ, Срединно-Атлантический хребет (26° с. ш., 45° з. д.) // Океанология. 1994. Т. 34. № 4. С. 590—599.

³ Лисицын А. П. Главные хранилища сульфидных руд на дне океана // Природа. 1989. № 2. С. 38—51; Михальцев И. Е. Глубоководные обитаемые аппараты "Мир" // Природа. 1988. № 6. С. 38—39.

это были бы параметры крупного и богатого месторождения.

В результате систематических исследований рифтовых зон океана выяснилось, что в пределах некоторых из них — в первую очередь на ВТП — "черные курильщики" распространены почти повсеместно. При этом сульфидные залежи здесь крайне редко достигают сколько-нибудь значительных размеров, их высота измеряется обычно первыми метрами.

Встал вопрос о том, какие условия нужны для формирования более крупных рудных скоплений и где их искать. Связан он не только с перспективами открытия океанских залежей, имеющих потенциальное практическое значение. Хотя обнаружение в некоторых из этих сульфидных построек высоких (до десятков граммов на тонну) концентраций золота и не дает угаснуть ажиотажу по поводу океанских рудников будущего, главная цель проводящихся во всем мире исследований — найти в океане аналоги сульфидных месторождений суши.

Как уже приходилось писать в "Природе", "курильщики" океана — не что иное, как новообразующиеся рудные залежи так называемого колчедан-

Небольшие сульфидные постройки в осевой части Восточно-Тихоокеанского поднятия вблизи 21° ю. ш. — молодая (слева) и более древняя. Рост молодой постройки завершился недавно. На базальтах вокруг рудного тела видны створки отмерших раковин моллюсков калиптоген, а на поверхности самой постройки — обильная фауна (белые помпейские черви), свидетельствующая, что истечение низкотемпературных растворов продолжается. Высота сульфидной "трубы" около метра. Более древняя постройка с общей высотой около трех метров уже лишена фауны и начала деградировать — произошло обрушение "труб".

Фото автора.



ного семейства⁴. Значительные количества меди, цинка, свинца, серебра и золота добываются в России, Испании, Канаде, Японии и других странах из подобных месторождений, сформировавшихся на дне древних океанских и морских бассейнов, а затем в результате сложных тектонических процессов оказавшихся на суше. Естественно, лучшее понимание условий и обстановок образования крупных современных колчеданных скоплений позволило бы более надежно прогнозировать промышленно значимые древние залежи на суше. Это тем более важно, что резерв легко обнаруживаемых месторождений в традиционных рудных районах суши исчерпан. Поиски же "слепых", т. е. не выходящих на поверхность, залежей требуют, во избежание необоснованного увеличения объемов дорогостоящих буровых работ, куда более четкого представления об обстановках и процессах рудообразования.

Чтобы понять, где и при каких условиях формируются в океане наиболее крупные колчеданные тела, надо более детально рассмотреть процесс океанского сульфидного рудообразования на различных его стадиях.

КАК РАСТУТ РУДНЫЕ ЗАЛЕЖИ

Отложение сульфидов тяжелых металлов из гидротермальных растворов, поднимающихся к поверхности дна по трещинам в породах, происходит при температурах 150—350 °С. Когда гидротермальная постройка на дне начинает расти, породы под ней еще не прогреты. Естественно, раствор, подвергающийся быстрому кондуктивному охлаждению, не может донести металлы до поверхности дна, и они в рассеянной форме кристаллизуются в породах, образуя вкрапленно-прожилковую минерализацию так называемого штокверкового типа. Из "отработанно-

го" раствора на дне отлагается ангидрит, формирующийся из кальция гидротерм и сульфата морской воды. Образуемые им на поверхности скопления способствуют термоизоляции подводящего раствор канала. Как только температура в основании ангидритовой постройки достигает требуемого уровня, ангидрит начинает замещаться изнутри сульфидным агрегатом.

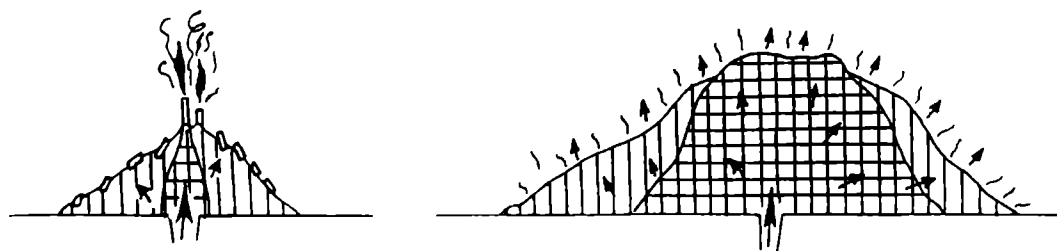
Постепенно, по мере прогрева окружающих пород, температура изливающегося на поверхность раствора достигает обычных для "курильщиков" значений — 200—350 °С. Гидротермальная постройка приобретает преимущественно сульфидный состав, и лишь внешние, концевые части "труб", омываемые морской водой, бывают сложены ангидритом.

Скорости истечения растворов в восходящих струях достигают десятков сантиметров в секунду. Сульфиды металлов, кристаллизующиеся в таких струях, в основном выносятся ими в морскую воду в виде взвеси — "дыма", который и дает название "черным курильщикам". По подсчетам французских исследователей, только 2 % образующихся сульфидов наращивают рудное тело⁵, все остальное рудное вещество рассеивается в водной толще в растворенной и взвешенной формах. Оно выпадает на дно в виде сульфидов и — преимущественно — в виде гидроксидов металлов на расстояниях от первых метров до многих сотен километров от гидротермальных источников. Обогащенные рудным веществом осадки, называемые металлоносными, образуют поля, иногда обширные, вокруг современных сульфидных залежей океана. Они же встречаются в виде прослоев в древних толщах, вмещающих колчеданные месторождения на суше.

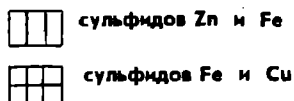
В составе мелких рудных постро-

⁴ Краснов С. Г., Попов В. Е. Колчеданные руды на суше и в океане // Природа. 1988. № 6. С. 12—18.

⁵ Hekinian R., Francheteau J., Renard V. et al. Intense hydrothermal activity at the axis of the East Pacific Rise near 13°N. Submersible witnesses the growth of a sulfide chimney // Marine Geophys. Res. 1983. V. 6. P. 1—14.



Зоны преобладания



сульфидов Zn и Fe

сульфидов Fe и Cu

Схема эволюции океанской залежи (по Р. Хекиньяну и др. (1983), с изменениями Краснова). На ранних стадиях развития (слева) основная часть рудного вещества выбрасывается через трубы, венчающие постройку. В теле самой постройке накапливаются, главным образом, сульфиды цинка и железа; на поверхности — обломки рухнувших "труб". На поздних стадиях (справа) струйный вынос гидротерм через "трубы" сводится к минимуму или прекращается, сменяясь медленным их просачиванием через всю массу руды. Высокотемпературное обогащенное медью ядро рудного тела растет изнутри за счет постепенного замещения отложенных прежде минеральных агрегатов — "зонной чистки".

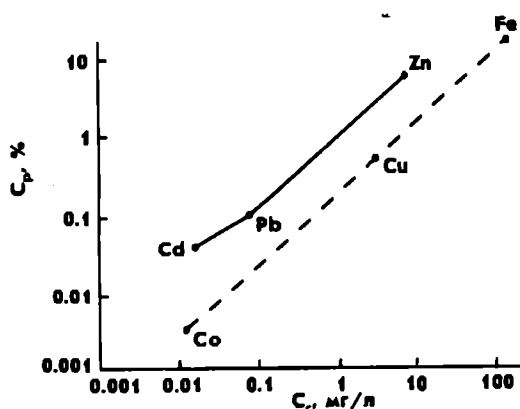


График зависимости между концентрациями металлов в гидротермах (C_v) и средними их содержаниями в сульфидных рудах (C_r) "курильщиков" района 21° с. ш. Восточно-Тихоокеанского поднятия. Видно, что для Zn и ассоциирующих с ним в рудах Pb и Cd отношения C_v/C_r выше, чем для элементов ассоциации Fe-Cu-Co. Металлы первой ассоциации, таким образом, в большей мере задерживаются на барьере рудоотложения.

ек, в большом количестве обнаруживаемых в осевой части ВТП, наряду с повсеместно распространенными сульфидными железами преобладают сульфиды цинка. Сравнение соотношений меди и цинка в гидротермальных растворах и рудах одного из наиболее изученных участков ВТП вблизи 21° с. ш. показывает, что руды относительно богаче цинком и ассоциирующими с ним металлами, чем сами гидротермы, за счет которых эти руды образуются. Цинк, таким образом, избирательно осаждается в "курильщиках", в то время как медь преимущественно "проскакивает" барьер рудоотложения в непосредственной близости от источников. В более крупных рудных телах ВТП преобладание цинка над медью уже не проявлено столь отчетливо. Бурная гидротермальная активность осевой зоны ВТП редко приводит к формированию действительно больших залежей. Рудные скопления массой в миллион тонн и более встречены на подводных горах в нескольких километрах от оси ВТП, а также в рифтовых долинах других активных океанических хребтов, в первую очередь САХ. Статистические данные по химическому составу большого количества образцов, отобранных из этих залежей, показывают, что доля сульфидов цинка здесь намного ниже, чем в мелких рудных постройках ВТП. Резко преобладают сульфиды железа, вторым же по значимости металлом является медь.

Изучение разрушенных разломами крупных океанических сульфидных тел выявило существование в них внутренней зональности. Во внутренних частях построек преобладают медно-колчеданные агрегаты, во внешних, периферических — больше развиты сульфиды

цинка. Если вспомнить, что рост рудных тел начинается с отложения цинковых агрегатов, образующих мелкие, "незрелые" постройки, такое пространственное взаимоотношение сульфидов различных металлов в составе крупных тел покажется парадоксальным. Действительно, куда же девается в процессе эволюции залежи та сформировавшаяся вначале небольшая цинково-колчеданная постройка, которая должна, по идее, сохраняться в ядре крупного рудного тела?

Ответ на этот вопрос дает представление о процессах "зонной чистки", сопровождающих развитие сульфидной залежи. По мере того, как рост рудного тела обеспечивает все лучшую термоизоляцию его центральной части, ядра, новые порции "горячих" гидротермальных потоков растворяют находящиеся там цинковые сульфидные агрегаты. Цинк выносится при этом в более охлажденные поверхностные части постройки, где и отлагается. Взамен же в центре рудного тела образуются сульфиды меди, требующие для своего формирования максимально высоких, достижимых в гидротермальных системах на океанском дне, температур — 300—350 °С.

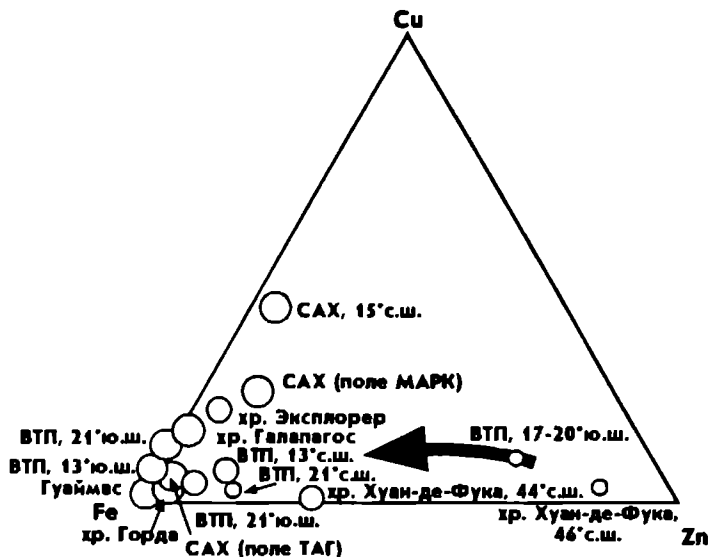
Процесс замещения рудных агрегатов в ядрах построек идет метасоматически, т. е. растворение старых и отложение новых, более высокотемпературных минералов происходит практически одновременно, так что руда все время сохраняет твердое состояние. Это возможно потому, что струйный вынос гидротерм через отдельные "трубы" на поздних стадиях роста постройки постепенно сменяется медленным просачиванием через мелкие трещины и поры во всем объеме рудного тела. Новообразованная же минеральная масса как бы запечатывает основные рудопроводящие каналы. Непосредственно наблюдая процессы рудообразования из подводных аппаратов, исследователи неоднократно отмечали появление "мерцающих вод" над поверхностями крупных рудных тел — в первую очередь тех, где уже не функционировали "черные курильщики".

Особое геологическое значение рассеянного просачивания растворов через уже отложенную руду определяется тем, что выходящие из мелких трещин в виде мерцающих вод охлажденные гидротермы оказываются полностью "отработанными". Они уже не могут, как струи "черных курильщиков", выносить в океан большую часть содержащегося в исходных гидротермах рудного вещества. Это означает, что кпд гидротермальной системы с прекращением действия "курильщиков" резко повышается. Именно так, видимо, образуются крупные рудные залежи на базальтах срединно-океанических хребтов. Действительно, трудно было бы представить формирование рудных построек массой в миллионы тонн при кпд системы около 2 %.

С увеличением доли рудного вещества гидротерм, наращивающего рудное тело, соотношение металлов в отлагающемся сульфиде, естественно, приближается к соотношению, характерному для самих растворов. Именно поэтому цинк не оказывается уже доминирующим компонентом в новообразованных рудных агрегатах, как не доминирует он в растворах, количественно резко уступая железу. Итог — упомянутое преобладание сульфидов железа в крупных рудных телах.

Уже результаты изучения древних колчеданных месторождений привели многих исследователей, независимо от наблюдений за современными гидротермами, к выводу о том, что процесс простого отложения сульфидов на поверхностях сульфидных тел не может играть основной роли в наращивании их объема. Известнейший специалист по колчеданным рудам, ныне главный геолог Геологической службы Канады, Дж. Франклин сформулировал суть дела коротко: "Залежь растет изнутри". Таким образом, метасоматическое замещение агрегатов внутри постройки сульфидными другого состава сопровождается ростом объема рудного тела. Наблюдатели из подводных аппаратов описывают блоковое строение поверхностных частей крупных рудных тел. Оно логично объясняется тем обстоя-

Статистическое соотношение концентраций основных металлов в сульфидных рудах разных районов океана. Размеры кружков пропорциональны масштабам рудных скоплений. Самые мелкие рудные тела предельно обогащены цинком, в более крупных залежах его концентрации резко снижаются, и медь становится наиболее распространенным цветным металлом. Стрелкой показана направленность изменения состава руд в процессе роста залежей.



тельством, что "вспухание" рудной залежи должно сопровождаться расширением внешних частей, растяжением ее поверхности. Постепенно формирующиеся при этом трещины между отдельными сульфидными блоками служат флюидоподводящими каналами, а затем залечиваются отлагающимися в них сульфидами.

Справедливости ради следует отметить, что еще одной (кроме возрастания эффективности рудоотложения) причиной изменения валового состава сульфидных залежей по мере их роста может быть эволюция состава самих рудообразующих растворов.

Как показали данные термодинамического моделирования океанских рудообразующих систем на ЭВМ, проведенного на кафедре геохимии МГУ Д. В. Гричук, цинк легче выщелачивается из базальтов нагретой и раскисленной морской водой и обогащает первые порции рудообразующих растворов. Более глубокая проработка пород в недрах гидротермальных систем на поздних этапах их эволюции приводит к выщелачиванию из них меди, обогащающей формирующиеся в этот период растворы. Теоретическая схема подтверждается реальными составами горячих растворов: наибольшая концентрация меди

(до 150 мкг/кг) — в гидротермах поля ТАГ в Атлантике, уже сформировавшихся крупных рудных тела⁶. Отношение концентраций Cu/Zn в металлоносных осадках этого поля значительно выше, чем в таких же осадках, накапливающихся вокруг мелких "курильщиков" ВТП.

Нам остается объяснить, почему для некоторых рифтовых зон океана (как, например, САХ) характерно образование крупных рудных скоплений, а в других (яркий пример — осевая часть ВТП) процесс формирования залежей чаще не бывает завершен, и на дне наблюдаются в основном мелкие постройки. Очевидна связь характера рудообразующих процессов со скоростями спрединга — наращивания коры, расширения океанического дна.

На ВТП, где скорость спрединга достигает 18 см/г, интенсивное расширение дна с образованием зияющих трещин и мощный базальтовый вулканизм способствуют частым перестрой-

⁶ Edmond J. M., Campbell A. C., Palmer M. R., German C. R. Geochemistry of hydrothermal fluids from the Mid-Atlantic Ridge: TAG and MARK 1990 // Trans. Amer. Geophys. Union. 1990. V. 71. № 43. P. 1650—1651.

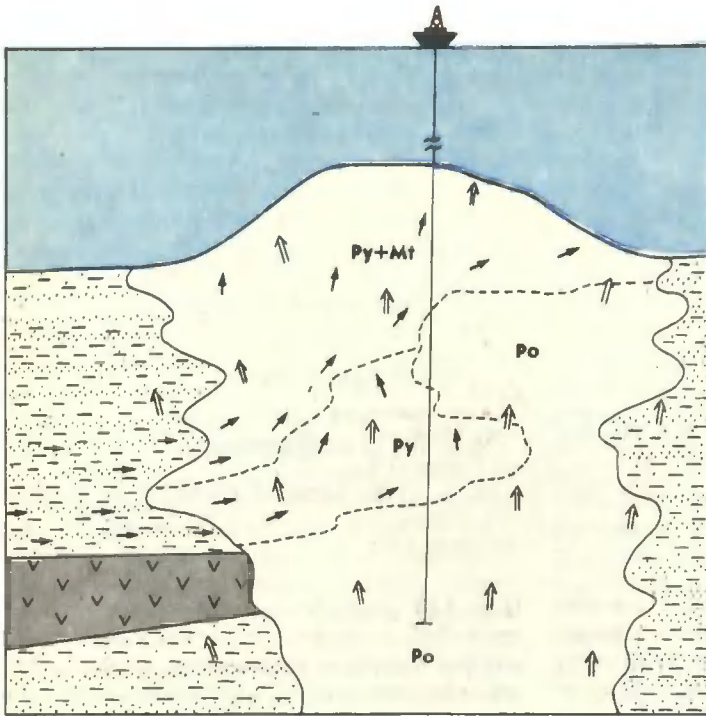


Схема строения и предполагаемый механизм формирования рудной залежи, разбуренной на хребте Эндевор. Первоначально залежь росла одновременно с накоплением окружающих песчано-глинистых осадков из растворов, поступающих снизу за счет гидротермальной конвекции над магматическим очагом (полые стрелки). Более позднее внедрение в осадочную толщу силлов (серое) могло инициировать близповерхностную гидротермальную конвекцию (черные стрелки), которая привела к изменению состава верхней части залежи, в частности к широко масштабному замещению пирротина (Po) пиритом (Py) или пиритом с магнетитом ($Py+Mt$). Приведенные справа графики распределения металлов по разрезу залежи демонстрируют типичный результат "зонной очистки", когда максимально обогащенной цинком и свинцом оказывается приповерхностная часть рудного тела, а медью — более глубокие горизонты. Накопление свинца в средней части залежи, видимо, отражает его привнос из осадков на стадии поздней конвекции, вызванной внедрением силлов.

кам конвективных гидротермальных систем, при которых геометрия циркуляции растворов изменяется. Рудные залежи в оси рифта не успевают "созреть", рост их прерывается на начальных стадиях, и рядом образуются все новые и новые мелкие рудные тела. Лишь на подводных горах — вулканах центрального типа, которые формируются у самой оси ВТП и могут относительно стабильно развиваться на протяжении десятков и сотен тысяч лет ("отъезжая" при этом на десятки километров от непрерывно нарастаемых краев плит), образуются иногда крупные сульфидные залежи.

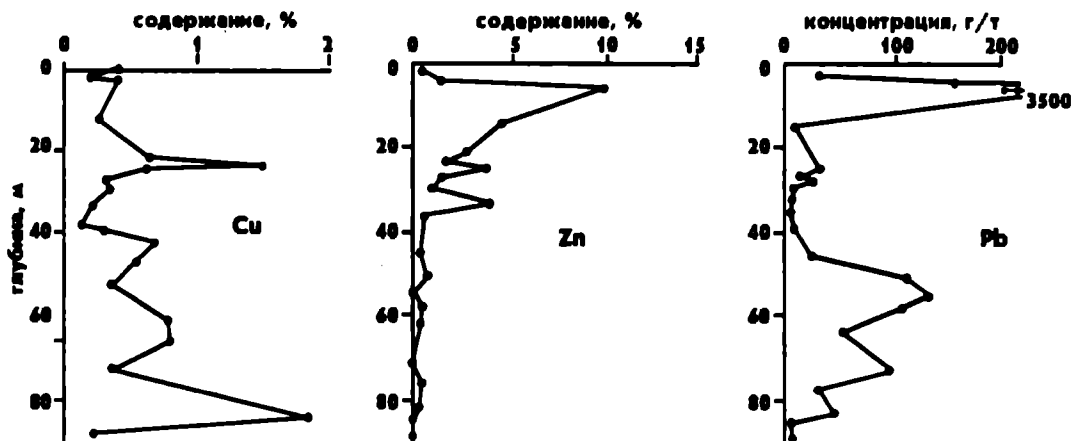
В северной части САХ скорость спрединга составляет всего лишь около 2.5 см в год. Масштабы вулканизма здесь относительно невелики. На отдельных участках вообще происходит "сухой" спрединг, кора нарастает не за счет продуктов вулканизма, а благодаря внедрению блоков мантийных пород. Соответственно, ограничены и общие масштабы гидротермальной деятельности, поэтому слабо распростра-

нены на дне металлонесные осадки и относительно редко встречается сульфидное оруденение. Однако в тех случаях, когда высокотемпературные гидротермальные рудообразующие системы все же формируются, они могут функционировать, судя по возрастам изученных построек, по крайней мере 100 тыс. лет⁷. За это время сульфидные залежи успевают пройти весь цикл своего развития.

ВЛИЯНИЕ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА НА РУДООБРАЗОВАНИЕ

Все процессы, о которых шла речь, идут в осевых частях рифтовых

⁷ Lalou C., Reyss J. L., Bricquet E. et al. New age data for Mid-Atlantic Ridge hydrothermal sites: TAG and Shake Pit chronology revisited // J. Geophys. Res. 1993. V. 98. № B6. P. 9705—9713.



океанических хребтов, где за счет крайне низких (сантиметры в тысячу лет) скоростей осадконакопления сколько-нибудь мощный осадочный чехол на молодой коре не успел сформироваться. Описанные выше рудные постройки залегают фактически на "голых" базальтах. Большая часть древних колчеданных месторождений, разрабатываемых на суше, приурочена, однако, к мощным вулканогенно-осадочным толщам. Некоторые из геологов, изучавших эти месторождения, считают даже, что залежи формировались метасоматически внутри осадков древних водоемов.

Впервые в современном океане рудные скопления в обстановке интенсивного осадконакопления были обнаружены в Калифорнийском заливе, где рифт ВТП приближается к североамериканскому континенту и затем уходит под него. Эти крупные (до 50 м высотой) рудные "башни" образуются поверх многосотметрового осадочного чехла и залегают на нем так же, как рудные постройки срединно-океанических хребтов залегают на базальтах.

Весьма крупные и в целом, по-видимому, однотипные залежи были найдены позже на двух рифтовых хребтах, расположенных в Тихом океане вблизи побережья Северной Америки — Эндевора и Горда. Залежь хребта Эндевор была, кроме того, пробурена в одной из международных экспедиций на судне "ДЖОЙДЕС Резолюшн"⁸.

Из-под осадочного чехла, общая мощность которого в рифтовой долине составляет 1.5 км, выступает рудный холм диаметром около 100 м и высотой примерно 20 м. Бурение показало, однако, что реальная мощность рудной постройки намного превышает высоту холма и руда уходит глубоко под осадки. Самая глубокая скважина, пробуренная в пределах холма, прошла 94 м и так и не достигла подошвы залежи.

Отсутствие следов сколько-нибудь существенного вторичного замещения осадков сульфидами свидетельствует, что верхняя, растущая часть залежи в процессе формирования находилась главным образом выше уровня дна. Другие образцы руд, поднятые в этом же районе грунтовой трубкой — обычным инструментом для получения проб с поверхности дна, — свидетельствуют тем не менее о значительном участии метасоматических процессов сульфидизации осадков в рудообразовании.

Хотя прямых свидетельств того, что такие процессы в осадках могут приобретать масштабный характер, пока нет, важную косвенную информацию дает состав опробованных гидротерм. Уже из первых анализов высокотемпературных растворов (отобранных

⁸ Краснов С. Г. 139-й рейс "ДЖОЙДЕС Резолюшн" // Природа. 1992. № 6. С. 116—117.

с помощью обитаемых подводных аппаратов в Калифорнийском заливе) стало ясно, что содержания в них металлов резко снижены по сравнению с таковыми в гидротермах рифтов, лишенных осадочного чехла. Это однозначно свидетельствует об отложении основной части рудного вещества в осадках ниже поверхности дна. Позже в гидротермах хребта Горда выявилась та же картина.

Скважины, пробуренные вокруг описанного выше рудного тела и вблизи других сульфидных построек, еще находящихся в процессе роста, показывают, что геометрия циркуляционных потоков в слоистой осадочной толще очень сложна. Песчаные прослои служат каналами, по которым гидротермальные растворы могут переноситься на большие расстояния по горизонтали, вырываясь на поверхность только в отдельных ослабленных зонах. Общей особенностью рудных полей зон активного осадконакопления на хребтах Эндевор и Горда является их ассоциация с крупными (до километра в диаметре) поднятиями, сформированными за счет пластовых внедрений магмы в осадочную толщу — силлов. Детальное изучение внутреннего строения разбуренной залежи хребта Эндевор дает основание считать, что силлы, представлявшие в моменты своего внедрения достаточно крупные и максимально приближенные к поверхности очаги жидкой магмы, могли играть большую роль в гидротермальной циркуляции и рудообразовании.

Залежи, которые размещаются в осадочном чехле приконтинентальных океанских рифтов, сложно построены и пока недостаточно хорошо изучены. Рудные обнажения, простирающиеся на сотни метров вдоль краев сформированных силлами поднятий на хребте Горда, заставляют предполагать существование под осадками очень крупных рудных тел. Возможно, их масса измеряется многими миллионами тонн. Образование в рассматриваемых условиях столь крупных сульфидных скоплений может быть связано с двумя обстоятельствами.

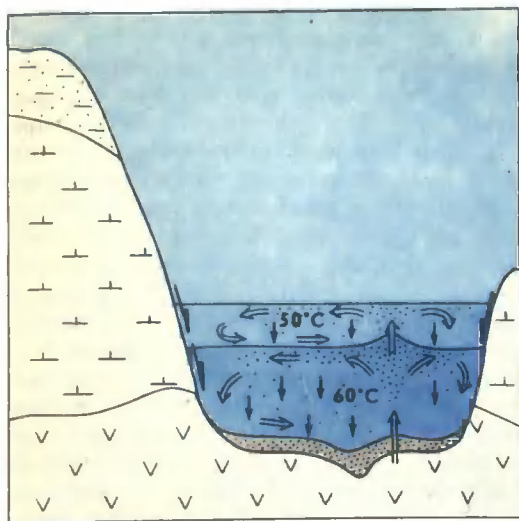
Во-первых, особую роль в канализации гидротермальных потоков играет сам осадочный чехол и те базальтовые силлы, которые были сформированы до основного этапа рудообразования. Восходящие струи горячих растворов уже не рассеиваются по множеству трещин непосредственно перед выходом на дно, глинистые осадки и силлы запечатывают сверху трещиноватый фундамент. Мощнее оказываются горячие источники там, где гидротермы все же прорываются на поверхность. Во-вторых, процесс метасоматического отложения сульфидов внутри осадочной толщи является, по-видимому, высокоэффективным и резко повышает КПД рудообразования. Самое крупное известное на суше колчеданное месторождение Рио-Тинто на юге Испании с первоначальными запасами руды около 500 млн. т также залегает в осадочной толще, пронизанной силлами⁹.


Осадки в таких обстановках влияют и на состав формирующегося оруденения. В океанских рудах кроме железа, меди и цинка в значительных количествах появляется свинец. Судя по изотопным исследованиям, свинец этот, отличающийся высокой долей радиогенной составляющей, по преимуществу заимствован из осадков¹⁰. Следовательно, взаимодействие между осадками и проходящими через них гидротермами приводит не только к отложению рудного вещества ниже поверхности дна, но и, в определенных условиях, наоборот, к дополнительному выщелачиванию металлов.

Подведем некоторые итоги. Главный вывод заключается в том, что образование крупных сульфидных (колчеданных) рудных залежей в современных, а следовательно, и в древних океанах связано не только и не

⁹ Boulter C. A. Comparison of Rio Tinto, Spain and Guaymas Basin, Gulf of California: An explanation of a supergiant massive sulfide deposit in an ancient sill-sediment complex // *Geology*. 1993. V. 21. No 9. P. 801—804.

¹⁰ Hurray A. P. le, Church S. E., Koski R. A., Bouse R. M. Pb-isotopes in sulfides from mid-ocean ridge hydrothermal sites // *Geology*. 1988. V. 16. No 4. P. 362—365.



-  Базальты
-  Соленосные толщи
-  Осадочные толщи
-  Формирование и перемещение рассолов
-  Вынос гидротерм во впадину и конвекция
-  Выпадение гидротермальных взвесей
-  Сульфидоносные осадки

Упрощенная схема стратиформного рудообразования во впадине Атлантис-II Красного моря. Струи гидротерм вызывают конвекцию в нижнем, более плотном слое рассола и за счет частичного нарушения его верхней границы проникают в вышележащий слой.

столько с какой-то особо интенсивной гидротермальной деятельностью. Куда большее значение имеет эффективность рудного процесса, измеряемая количественным соотношением рудного вещества, накапливающегося в сульфидных залежах, и бесполезно рассеивающегося в окружающей среде. В "классических" океанских рифтах, лишенных осадков, эффективность рудоотложения крайне низка на начальных стадиях формирования рудных тел и намного выше на зрелых стадиях. Если присутствуют осадки, то эффективность

процесса изначально достаточно высока.

На Земле существует еще одна природная лаборатория, где эффективность колчеданного рудообразования практически 100%-ная. Это впадина Атлантис-II в Красном море¹¹. В бортах узкого рифтового трога, ограничивающего впадину, обнажаются (как и в некоторых других красноморских впадинах) относительно древние соленосные толщи. Растворение солей морской водой приводит к накоплению тяжелого рассола у дна впадины. Разгружающиеся в ней гидротермы уже не могут "пробить" зеркало рассола — границу его с вышележащей нормальной красноморской водой. В результате все приносимое горячими растворами рудное вещество остается в той части впадины, которая заполнена рассолом. Поскольку сам рассол имеет восстановительные свойства, привносимое в него рудное вещество не окисляется, а отлагается в сульфидной форме, обогащая осадки впадины.

Рудообразующие обстановки, подобные красноморской, могли быть весьма распространены в древних морях, где формировались слоистые — так называемые стратиформные — колчеданные залежи. В гидродинамически замкнутых впадинах накапливалось рудное вещество и при образовании вышеупомянутого гигантского месторождения Рио-Тинто. Так или иначе, абсолютно эффективный рудный процесс, идущий во впадине Атлантис-II, привел к накоплению в ее илах (хотя и с меньшими концентрациями полезных компонентов по сравнению с тихоокеанскими и атлантическими рудными постройками) 30 млн. т железа, 2,2 млн. т цинка, 500 тыс. т меди, 5 тыс. т серебра. Неконсолидированные (рыхлые) осадки этой впадины слагают единственную гидротермальную рудную залежь в современном океане, которую в теперешней ситуации было бы экономически выгодно разрабаты-

¹¹ Металлоносные осадки Красного моря. Под ред. А. П. Лисицына, Ю. А. Богданова. М., 1986.

вать. Такой разработкой планировал заниматься консорциум, специально созданный странами, расположенными напротив впадины на разных берегах Красного моря, — Саудовской Аравией и Суданом. Однако французские и германские геологи, по заказу консорциума очень детально изучившие металллоносные илы впадины Атлантик-II, пришли к выводу, что разработка их путем отсасывания рудной пульпы на поверхность по трубам нанесет ущерб природной среде Красного моря.

Таким образом, даже неисправимые романтики, энтузиасты морской добычи металлов, не могут надеяться, что промышленная эксплуатация залежей, о которых шла речь в этой статье, начнется в нашем веке или в начале следующего. Смысл изучения океанских сульфидных скоплений — главным образом в выявлении фунда-

ментальных закономерностей гидротермального рудообразования. Эти закономерности могут быть использованы, в частности, при поисках руд на суше.

Что касается современных океанских рудообразующих гидротермальных систем, то существуют уже проекты их рекреационного использования. Подводный аппарат, специально оборудованный для туристических спусков, позволит увидеть наяву столб дыма, который клубится над искрящимися, причудливыми сульфидными постройками, а также "фантастических" животных, ползающих и плавающих на огромной глубине в горячих струях гидротерм. Может быть, и далеким потомкам удастся сохранить эти экзотические ландшафты и по-иному решить проблему обеспечения человечества горнорудным сырьем?

Новости науки

Палеоантропология

Младенец-неандерталец проясняет прошлое

Израильские антропологи обнаружили в пещере Амуд около Тивериадского озера в Галилее (север Израиля) ископаемые останки 10-месячного ребенка, жившего около 60 тыс. лет назад. Перед тем как предать маленького покойника земле, современники положили у его бедра челюсть благородного оленя (*Cervus elaphus*), что, очевидно, носило ритуальный характер.

Находка изучалась под руководством анатома и палеонтолога Й. Рака (Y. Rak; Тель-Авивский университет). Впервые удалось четко установить принадлежность остатков неандертальцу на основании анатомических характеристик частей скелета. В руки ученых попали в хорошем состоянии нижняя челюсть, основание черепа и несколько других его фрагментов; помимо этого, время сберегло позвоночник, ребра и отдельные части таза.

Принимавшие участие в исследованиях антрополог У. Х. Кимбел (W. H. Kim-

bel; Институт происхождения человека в Беркли, штат Калифорния, США) и археолог Э. Ховерс (E. Hovers; Еврейский университет в Иерусалиме) подтвердили несомненную принадлежность скелета неандертальцу. Тем самым подкрепляется гипотеза, согласно которой неандертальцы населяли Ближний Восток одновременно с *Homo sapiens sapiens* и, по видимому, не играли роли в эволюции современного человека на этой территории.

Science News. 1994. V. 145. № 1. P. 5 (США).

Пульсары — новые открытия и проблемы

Г.С. Бисноватый-Коган



Геннадий Семенович Бисноватый-Коган, профессор, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института космических исследований РАН. Область научных интересов — теоретическая астрофизика, вопросы строения и эволюции звезд, релятивистская и гамма-астрономия. Неоднократно публиковался в "Природе".

ОТКРЫТИЕ радиоастрономами пульсаров в 1967 г. оказалось настолько неожиданным, что лишь через полгода тщательных проверок были опубликованы результаты наблюдений. Только через год стало понятным, что пульсары представляют собой вращающиеся замечательные нейтронные звезды. С тех пор, наряду с постоянным увеличением числа вновь обнаруживаемых пульсаров (более 500 к настоящему времени), было сделано два чрезвычайно важных открытия в этой области астрономии.

Первое — открытие пульсара в двойной системе в 1974 г. — позволило столь точно измерить параметры звездной системы и их временные зависимости, что удалось подтвердить некоторые предсказания общей теории относительности (излучение гравитационных волн, прецессия орбиты и др.). Единственное пока, но убедительное доказательство излучения гравитационных волн, основанное на зарегистрированном изменении орбиты двойного пульсара, заслужило Нобелевскую премию по физике 1993 г. (ее лауреатами стали Дж.Тейлор и Р.Халс)¹. При этом, если открытие пульсаров явилось полной неожиданностью, то возможность существования пульсаров в двойных системах была теоретически предсказана примерно за год до их обнаружения, о чем пойдет речь ниже.

Вторым важным открытием в этой области нужно считать обнаружение пульсаров, движущихся с огромными скоростями (более 1000 км/с), что относит их к самым быстрым объектам в Галактике. Приобретение пульсарами таких больших скоростей произошло, видимо, при их рождении, поэтому, если понять природу их возникновения, мы сможем глубже проникнуть в механизм образования нейтронных звезд и взрывов сверхновых. Далее рассматривается мо-

© Бисноватый-Коган Г.С. Пульсары — новые открытия и проблемы.

¹ Брагинский В. Г. Лауреаты Нобелевской премии 1993 г. По физике — Р. Халс и Дж.Тейлор // Природа. 1994. № 1. С.103–104.

дель появления подобных пульсаров и обсуждаются особенности уникального объекта Геминга, оказавшегося одиночным пульсаром, который излучает импульсы в рентгеновской и γ -областях, а в радиодиапазоне невидим, вероятно, из-за узкой и неблагоприятной для наблюдения диаграммы направленности излучения.

Итак, данная статья затрагивает некоторые аспекты современных представлений о пульсарах, связанные с открытием, свойствами и эволюцией этих интереснейших и до конца не познанных объектов Вселенной.

ПУЛЬСАРЫ В ДВОЙНЫХ СИСТЕМАХ

Довольно долгое время после открытия радиопулсаров их обнаруживали исключительно как одиночные объекты. Упорная одиночность пульсаров казалась удивительной, если учесть, что по меньшей мере половина звезд, из которых они образовались, входила в двойные системы. Этот факт заслуживал не меньше внимания, чем поиски механизма излучения и причин его огромной яркостной температуры. Наиболее правдоподобными из предлагавшихся объяснений были, пожалуй, два. Многие авторы полагали, что при образовании пульсара в процессе коллапса и взрыва сверхновой сбрасывается так много вещества, причем анизотропно, что пара разрывается за счет эффекта "пращи", и затем пульсар удаляется с большой скоростью. Второе объяснение было предложено В.Ф. Шварцманом в статье с говорящим самим за себя названием². В этой работе фактически было предсказано существование рентгеновских пульсаров в двойных системах, открытых вскоре с помощью спутника УХУРУ. Обычным же пульсарам Шварцман отводил небольшую вероятность быть двойными, да и то на далеких орбитах (радиопулсар в широкой паре был недавно обнаружен³).

Открытие первого пульсара — компаньона в двойной системе — Дж. Тейлором и Р. Халсом в 1974 г. стало сенсацией. Хотелось бы напомнить, что нам уда-

лось его предсказать — идея о существовании пульсаров в тесных двойных системах появилась в конце 1972 г. На нее натолкнул анализ эволюции рентгеновского пульсара в Геркулесе HerX-1, партнером которого оказалась сравнительно легкая звезда с массой около $2 M_{\odot}$. Такая звезда не только не могла потерять большой массы при взрыве, она вообще не могла взорваться и должна была окончить свою жизнь в виде белого карлика после потери больше половины своей массы в виде истечения. После этого перетекание вещества прекратилось бы и нейтронная звезда должна была вновь стать радиопулсаром. Оценки показали, что на стадии рентгеновского пульсара типа Геркулеса вращение нейтронной звезды должно было ускориться, так что возродившийся пульсар (позднее названный подкрученным) должен быть довольно быстрым, с периодом не более одной секунды. Время эволюции звезды в Геркулесе порядка 10 млн. лет, так что за время существования Вселенной много звезд должно было превратиться в пульсары в тесных парах. Единственной причиной того, что этого не наблюдается, мне казалась слабость излучения пульсаров, прошедших аккрецию, а это могло быть связано только с аномальной слабостью их магнитного поля, возможно, заэкранированного аккрецирующей плазмой. Но, с другой стороны, пары из рентгеновских пульсаров с массивными компаньонами, типа источника в Центавре, после окончания эволюции и взрыва второй звезды как сверхновой могли распаться и образовывать два пространственно близких пульсара, у которых должны были наблюдаться определенные корреляции между возрастными, периодами и расстоянием.

Проведенная Б.В.Комбергом обработка материала наблюдений за пульсарами позволила отобрать 10 пар близких (одиночных) пульсаров, которые могли бы произойти из одной и той же пары⁴. Сейчас такое совместное происхождение кажется мне маловероятным из-за того, что для нескольких пульсаров, входящих в двойные системы с компаньоном в виде нейтронной звезды, второго пульсара не видно. Возможно, оси нейтронных звезд в паре становятся непараллельными по-

² Шварцман В. Ф. Нейтронные звезды в двойных системах не должны быть пульсарами // *Астрон. журн.* 1971. Т. 48. С. 438–440.

³ Johnston S., Manchester R. N., Lyne A. G. et al. PSR 1259–63: a binary radio pulsar with a Be companion // *Astrophys. J.* 1992. V. 387. P. L37–L41.

⁴ Бисноватый-Коган Г. С., Комберг Б. В. Пульсары и тесные двойные системы // *Астрон. журн.* 1974. Т. 51. С. 373–381.

сле коллапсов и взрывов, а также из-за потери вращательной энергии за счет пульсарного излучения, в результате чего пульсары будут иметь различные диаграммы направленности излучения. Впрочем, не исключена и такая случайная ориентация этих диаграмм, когда Земля попадает в область, захватываемую обеими диаграммами, что даст возможность обнаружить пару из двух радиопульсаров. Может быть, и некоторые из предложенных нами пар имеют общее происхождение. Все же главный вывод нашей упомянутой выше работы состоял в том, что данные наблюдения в сочетании с теорией звездной эволюции "не только не дают возможности исключить нахождение нейтронной звезды в паре с другой звездой, также находящейся на конечной стадии эволюции (белый карлик, нейтронная звезда), но, напротив, приводят к такому выводу с большой вероятностью. Поэтому отсутствие радиопульсаров в составе тесных двойных (на 27 апреля 1973 г.) требует... дополнительного предположения о затухании магнитного поля".

Когда вскоре первый радиопульсар в двойной системе был открыт, ведущие специалисты США отнесли его к разряду молодых, поскольку он обладал высокой скоростью вращения. Наша схема рассуждений, напротив, приводила к выводу, что пульсар является старым и обладает аномально слабым магнитным полем, а быстрота вращения вызвана подкруткой при аккреции. Эту гипотезу мы выдвинули еще до появления информации об измерении замедления вращения пульсара⁵. Слабость магнитного поля двойного пульсара удалось обосновать с помощью статистической обработки имеющихся данных, основываясь на аномально низкой для столь быстрого вращения радиосветимости объекта. Из сравнения с пульсаром 1933+16 магнитное поле двойного пульсара было оценено⁶ в $3 \cdot 10^{10}$ Гс, что вскоре хорошо подтвердилось измерениями.

Сейчас мало кто сомневается в существовании подкрученных пульсаров, а

идея о затухании магнитного поля звезды при аккреции также становится популярной. Но хотя все эти идеи были опубликованы в 1974–1976 гг., только в начале 80-х годов, после открытия миллисекундных пульсаров, эти представления стали общепринятыми.

РОЖДЕНИЕ БЫСТРЫХ ПУЛЬСАРОВ — НЕЙТРИННАЯ ГИПОТЕЗА

Обнаружение пульсаров, движущихся со скоростями порядка 1000 км/с и более⁷, явилось большим вызовом теории образования нейтронных звезд при сферически симметричном коллапсе. К таким скоростям пульсаров не могли привести ни коллапс вращающихся звезд при сохранении аксиальной симметрии, ни эффект Блау⁸. Правдоподобно объяснить появление быстро движущегося пульсара может лишь наличие толчка при его рождении за счет асимметрии взрыва сверхновой⁹. Нейтронная звезда при своем рождении получает толчок за счет асимметрии нейтринного излучения при коллапсе. Если считать, что эта асимметрия вызвана поляризацией электронов в сильном магнитном поле и нарушением пространственной четности в слабых взаимодействиях¹⁰, то при реалистических значениях магнитных полей эффект тем не менее оказывается недостаточным для получения подобных скоростей (при этом распределение магнитного поля принималось симметричным)¹¹. Однако можно взглянуть на асимметрию нейтринного импульса и по-иному: она может быть связана с асимметрией распределения магнитного поля, возникающей в процессе коллапса и дифференциального

⁷ Harrison P. A., Lyne A. G., Anderson B. in Proc. NATO-ARW "X-ray Binaries and Formation of Binary and Millisecond Pulsars", Kluwer, 1991.

⁸ Эффект Блау состоит в том, что, когда в результате взрыва более массивной звезды в двойной системе она быстро теряет больше половины общей массы пары, система разрывается и звезды разлетаются со скоростями, близкими к их орбитальным.

⁹ Шкловский И. С. Замечания о возможных причинах векового увеличения периодов пульсаров // Астрон. журн. 1969. Т. 46. С. 715–720.

¹⁰ Чугай Н. Н. Спиральность нейтрино и пространственные скорости пульсаров // Письма в Астрон. журн. 1984. Т. 10. С. 210–213; Дорофеев О. Ф., Родионов В. Н., Тернов И. М. Анизотропное излучение нейтрино, возникающее в β -процессах при действии интенсивного магнитного поля // Письма в Астрон. журн. 1985. Т. 11. С. 302–309.

¹¹ Бисноватый-Коган Г. С. Физические вопросы теории звездной эволюции. М., 1989.

⁵ Бисноватый-Коган Г. С. Первый радиопульсар в двойной системе // Природа. 1975. № 3. С. 100–101.

⁶ Бисноватый-Коган Г. С., Комберг Б. В. Радиопульсар в двойной системе — старый объект со слабым магнитным полем: возможная эволюционная схема его образования // Письма в Астрон. журн. 1976. Т. 2. С. 338–342.

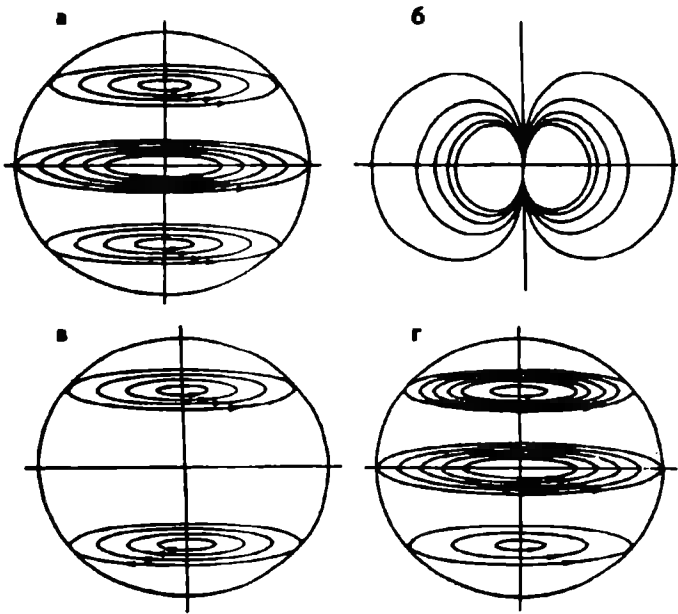


Рис. 1. Виды магнитных полей нейтронной звезды. а — начальное торoidalное магнитное поле, симметричное относительно экваториальной плоскости $z = 0$; б — полоидальное поле дипольного вида; в — торoidalное поле, генерируемое при дифференциальном вращении звезды с начальным полоидальным полем дипольного вида; г — суммарное торoidalное поле как результат сложения полей а и в.

вращения¹². Оказывается (и об этом пойдет речь ниже), такой подход обеспечивает приобретение пульсарами наблюдаемых высоких скоростей при реалистических величинах магнитных полей нейтронных звезд.

Предположим, что на стадии предсверхновой звезда вращается и обладает зеркально симметричным торoidalным полем (рис. 1,а) и дипольным соосным полоидальным магнитным полем (силовые линии которого лежат в плоскостях меридиана, рис. 1,б; подобное поле имеет диполь). После потери устойчивости звезда коллапсирует, и в ее ядре образуется быстро вращающаяся нейтронная звезда. Ее дифференциальное вращение приводит к закручиванию полоидального поля, что вызывает появление дополнительной торoidalной компоненты. Торoidalное поле, полученное при закручивании силовых линий диполя, антисимметрично относительно экваториальной плоскости (рис. 1,в). Общее торoidalное поле, являющееся суммой исходного симметричного и индуцированного антисимметричного полей, несимметрично относительно плоскости экватора: в одной из полусфер поле больше, чем в

другой (рис. 1,г). Асимметрия поля приводит к асимметрии распределения давления и плотности. Нарушение симметрии в дифференциально вращающейся звезде происходит, когда в исходных торoidalном и полоидальном полях одно является симметричным, а другое антисимметричным (диполь + симметричное торoidalное или квадруполь + антисимметричное торoidalное и т.д.).

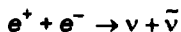
В отсутствие диссипативных процессов при бесконечной проводимости нейтронная звезда возвращается в состояние твердотельного вращения, индуцированное торoidalное поле исчезает, симметрия поля и давления восстанавливается. Стадия асимметричного распределения торoidalного поля может привести к асимметричному магниторотационному взрыву, при котором нейтронная звезда приобретает большую скорость за счет импульса отдачи¹³. Однако даже в том случае, когда магниторотационный взрыв недостаточно эффективен, ускорение нейтронной звезды может произойти за счет анизотропии нейтронного импульса,

¹² Бисноватый-Коган Г. С., Моисеевко С. Г. Нарушение зеркальной симметрии магнитного поля во вращающихся звездах и возможные астрофизические проявления // Астрон. журн. 1992. Т. 69. С. 563–571.

¹³ См. сноску 12, а также: Бисноватый-Коган Г. С. О механизме взрыва вращающейся звезды как сверхновой // Астрон. журн. 1970. Т. 47. С. 813–916. О магниторотационном взрыве, происходящем при коллапсе быстро вращающихся замечательных звезд, а также о других механизмах взрывов сверхновых см.: Бисноватый-Коган Г. С. Почему вспыхивают сверхновые // Природа. 1972. № 6. С. 24–33.

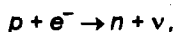
связанной с зависимостью сечения слабого взаимодействия от магнитного поля.

Процессы слабого взаимодействия с участием электронов и нейтрино играют огромную роль при коллапсе звезд, приводя к нейтринным потерям, уносящим более 99% гравитационной энергии, которая выделяется при сжатии. Основными процессами, приводящими к нейтринным потерям при коллапсе и формировании нейтронной звезды, являются реакции электронно-позитронного захвата нуклонами, β -распада и аннигиляции электрон-позитронных пар с рождением пары нейтрино. Температура на стадии коллапса достигает величин $m_e c^2$, когда рождается много электрон-позитронных пар. Результат протекания слабых процессов — чистые потери энергии в виде свободно улетающих в почти равных пропорциях нейтрино и антинейтрино всех трех видов. Реакция аннигиляции

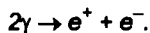


важна лишь при коллапсе наиболее массивных звезд (с массой более 40 M_\odot), когда скорее можно ожидать образования черной дыры, чем нейтронной звезды (сколько-нибудь надежные расчеты здесь пока отсутствуют).

При образовании нейтронной звезды главными являются реакции с нуклонами по следующей цепочке:



Как видно, после этих двух реакций состав либо не меняется, либо происходит исчезновение электрон-позитронной пары, тут же рождаемой из γ -квантов за счет электромагнитных процессов:



В результате имеют место чисто нейтринные потери. Этот процесс был назван Урка-процессом его открывателем, замечательным физиком Г.А. Гамовым, 90-летие со дня рождения которого отмечалось в прошлом году.

В сильном магнитном поле электроны и позитроны, участвующие в слабых взаимодействиях, не свободны; их волновые функции и занимаемые ими фазовые

объемы меняются. Критической величиной поля, по достижении которой эти изменения становятся особенно важными, является такая, при которой энергия электрона на первом возбужденном уровне Ландау достигает энергии покоя $m_e c^2$. Это соответствует полю

$$B_{\text{крМ}} = \frac{m_e c^2}{e\hbar} \approx 4.4 \cdot 10^{13} \text{ Гс},$$

которое лишь немного превышает величины полей, наблюдаемых (косвенно) на поверхности некоторых радиопulsаров. Следует, однако, учесть, что поля внутри нейтронных звезд могут быть значительно больше поверхностных: так, поле Солнечных пятен (видимо, тороидальное поле внутри Солнца) примерно в 1000 раз превышает дипольное поле на его поверхности.

Помимо энергии $m_e c^2$ в сверхплотной горячей плазме имеются две другие характерные энергии: энергия kT и энергия Ферми электронов E_{Fe} . Их значения могут заметно (вплоть до 20 раз) превышать значение $m_e c^2$. Соответственно, энергия электронов на низких уровнях Ландау достигает значения kT или E_{Fe} при больших магнитных полях:

$$B_{\text{крТ}} = \frac{kT}{e\hbar} \quad \text{и} \quad B_{\text{крF}} = \frac{E_{Fe}}{e\hbar}.$$

От величины магнитного поля зависят вероятности всех перечисленных выше Урка-процессов. Так, вероятность распада нейтрона при малых полях $B \ll B_{\text{крМ}}$ увеличивается за счет члена, квадратичного по полю, а при больших полях $B \gg B_{\text{крМ}}$ вероятность распада линейно растет с полем¹⁴. Аналогичные зависимости имеют место для реакций электронного захвата протоном, захвата нейтрино нейтроном, а также для соответствующих реакций с участием ядер. В горячей сверхплотной плазме сечения слабых взаимодействий зависят также от $B_{\text{крТ}}$ и $B_{\text{крF}}$.

В нашем случае магнитное поле вновь образовавшейся звезды меняется за счет закручивания при дифференциальном вращении. Приблизительно можно принять,

¹⁴ O'Connell R. F., Matese J. J. Effect of a constant magnetic field on the neutron β -decay rate and its astrophysical implications // Nature. 1969. V. 222. P. 649-651.

что тороидальное магнитное поле линейно растет со временем. На основе расчетов коллапса в рамках сферической симметрии¹⁵ известно, что основное излучение нейтрино длится около 20 с, а сразу после коллапса (перед началом закручивания поля) звезда обладала дипольным полоидальным полем напряженности V_p и симметричным тороидальным полем напряженности V_π , в m раз большим полоидального. По мере роста индуцированного тороидального поля разность полей в двух полусферах растет, пока не достигнет величины $2V_\pi$, после чего остается постоянной, тогда как относительная разность полей уменьшается. Различие полей приводит к разным потокам нейтрино в верхней и нижней полусферах (см. рис. 1), т.е. к асимметрии общего нейтринного потока, а при его асимметрии нейтронная звезда ускоряется за счет эффекта отдачи.

Наилучшие условия для ускорения пульсаров имеют место в случае, если различие магнитных полей в двух полусферах длится максимально долго в течение всего периода интенсивных нейтринных потерь (20 с), когда достигается максимальная асимметрия нейтринного потока. Для этого различие между исходным тороидальным и полоидальным полями должно быть достаточно большим. При этом для достижения максимального эффекта величина тороидального поля должна иметь оптимальное промежуточное значение. При очень маленьких V_p она не вырастет заметно за время излучения и не приведет к большой асимметрии. С другой стороны, при очень больших V_p относительная разность полей быстро пройдет через максимум и суммарная асимметрия потока также будет небольшой.

Ускорение звезды определяется величинами потоков нейтрино в двух полусферах. Основной поток формируется в области, где свободный пробег нейтрино меньше размера системы, поэтому для определения потока энергии нейтрино можно воспользоваться приближением нейтринной теплопроводности. Согласно проведенным расчетам¹⁶, вновь образованная нейтронная звезда состоит из од-

нородного изотермического ядра и области между ядром и нейтриносферой (аналогичной фотосфере звезды), где температура падает примерно на порядок, а плотность — примерно на 6 порядков. При оценках изменения температуры и свободного пробега с радиусом можно принять аналитические зависимости степенного вида. Это позволяет выделить температуру нейтриносферы и тепловой поток нейтрино через радиус и температуру изотермического ядра, а также свободный пробег нейтрино в ядре, различный в нижней и верхней полусферах, откуда можно определить асимметрию нейтринного потока.

Учитывая зависимость свободного пробега от меняющегося со временем магнитного поля (различного в разных полусферах), можно проинтегрировать уравнение движения нейтронной звезды и получить выражение для ее результирующей скорости¹⁷, из которого следует, что приобретаемая скорость зависит в основном от начального отношения m тороидального и полоидального полей. Если основное ускорение нейтронной звезды происходит при полях, больших максимального из критических полей, то для реалистических значений параметра m между 20 и 1000 результирующая скорость нейтронной звезды окажется (за счет ускорения асимметричным нейтринным импульсом) в пределах между 140 и 3000 км/с. Полученные результаты показывают, что асимметрия нейтринного импульса, связанная с асимметрией магнитного поля, может объяснить наблюдаемые высокие скорости радиопульсаров для реалистических значений напряженности магнитных полей нейтронных звезд.

НЕОБЫЧНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ БЫСТРЫХ ПУЛЬСАРОВ

В качестве примера рассмотрим γ -пульсар Гемингу, находящийся от Солнца на расстоянии ближе 100 пк. Это уникальный объект с интересной историей исследования. γ -источник Геминга (2CG 195+04) в созвездии Близнецов был случайно обнаружен в 1973 г. с борта искус-

¹⁵ Nadyozhin D. K. The neutrino radiation for a hot neutron star formation and the envelope outburst problem // *Astrophys. Space Sci.* 1978. V. 53. P. 131–153.
¹⁶ См. сноску 15.

¹⁷ Bisnovatyi-Kogan G. S. Asymmetric neutrino emission and formation of rapidly moving pulsars // *Astron. Astrophys. Transactions.* 1993. V. 3. P. 257–294.

ственного спутника Земли SAS-2 при наблюдении находящегося рядом известного пульсара в Крабовидной туманности. Источник был настолько ярким (вторым после γ -пульсара в Парусах), что тут же последовали попытки отождествить его с каким-нибудь объектом в другой области электромагнитного спектра. Но ровно ничего найдено не было, и итальянский астрофизик Дж. Биньями назвал этот источник "Geminga", что, с одной стороны, указывало на его местоположение в созвездии Близнецов (лат. Gemini), а с другой стороны, в переводе с миланского диалекта означало "ничто, пустота".

Дальнейшая история исследования Геминги вкратце развивалась так. В конце 70-х годов с борта рентгеновского ИСЗ "Einstein" было обнаружено слабое рентгеновское излучение из области Геминги (источник 1E 0630-178; отношение рентгеновского потока к γ -потoku F_x/F_γ составило 10^{-3}). По отсутствию большого поглощения в спектре в мягком рентгеновском диапазоне был сделан вывод, что источник находится на расстоянии ближе 100 пк. В 1983 г. группой под руководством Биньями в области, ограниченной диапазоном ошибки в определении местонахождения рентгеновского источника, было найдено несколько слабых звезд 25-й звездной величины — возможные оптические кандидаты Геминги. Для наиболее подходящей звезды отношение оптического потока к рентгеновскому F_v/F_x составляло 1800. Попытки найти радиоизлучение из области Геминги так и не увенчались успехом.

Сразу после открытия Геминги начались поиски периодичности γ -излучения. По результатам наблюдений со спутника COS-B (1975–1982) сначала определили 160-минутный период, затем из анализа рентгеновских и γ -наблюдений — короткий период в 59 с. Однако оба этих периода оказались артефактами, что было связано с очень малым количеством зарегистрированных γ -квантов (примерно 1500 γ -фотонов и около 1000 рентгеновских фотонов), поэтому определить периодичность с хорошей точностью было трудно.

Новая эра исследования Геминги началась с запуском специализированного рентгеновского спутника ROSAT в 1991 г. Наблюдая в мягком рентгеновском ди-

апазоне (как и "Einstein"), ROSAT имел более высокую чувствительность и временное разрешение и обнаружил¹⁸ периодическое изменение рентгеновского потока источника 1E 0630-178 с периодом $P=0.237$ с. Теперь можно было свернуть времена прихода γ -квантов, зарегистрированных COS-B, с известным периодом, и действительно, тот же период 0.237 с был сразу же обнаружен¹⁹. Более того, десятилетний разрыв между наблюдениями COS-B и ROSAT позволил заметить изменение этого периода с темпом $\dot{P} = dP/dt \approx 1.1 \cdot 10^{-14}$ с/с. Результат сразу же показал, что Геминга является вращающейся нейтронной звездой, теряющей энергию вращения, как и обычный радиопульсар, за счет потерь на магнитодипольное излучение или испускание релятивистских частиц с темпом $dE/dt \approx 3.2 \cdot 10^{34}$ эрг/с. Стандартная оценка дает для магнитного поля нейтронной звезды порядка $1.5 \cdot 10^{12}$ Гс и для характерного возраста этого пульсара величину $t=1/2 P/\dot{P} \approx 3.7 \cdot 10^5$ лет. Эти значения типичны для многих радиопульсаров, и то, что мы не наблюдаем никакого радиоизлучения от Геминги, может быть связано с направленностью в другую сторону конуса, в котором распространяется радиоизлучение.

Таким образом, отпали все сомнения в том, что Геминга является близким γ -пульсаром, очень похожим по своим характеристикам на пульсар в Парусах. Однако у Геминги обнаружилось странное свойство — аномально высокий показатель торможения n , что потребовало дополнительных объяснений. Показатель торможения n — безразмерная величина, характеризующая темп потери пульсаром вращательной энергии вследствие излучения, т.е. зависимость скорости потери энергии от частоты вращения пульсара f . Этот показатель определяют из анализа времени прихода импульсов; для удаленных пульсаров значение n , предсказываемое большинством известных механизмов излучения (магнитодипольное излучение или ветер релятивистских

¹⁸ Halpern J. P., Holt S. S. Discovery of soft X-ray pulsations from the γ -ray source Geminga // Nature. 1992. V. 357. P. 222–224.

¹⁹ Bignami G. F., Caraveo P. A. Geminga: new period, old γ -rays // Nature. 1992. V. 357. P. 287.

частиц с поверхности пульсара, индуцированный его электрическим полем), равно 3. Величина n , полученная из наблюдений за удаленными пульсарами, расположенными на расстоянии в несколько килопарсек, составляет 2.5–2.7, т.е. хорошо совпадает с теоретическими расчетами. Как показали недавние рентгеновские наблюдения ROSAT, а также наблюдения, проведенные с борта γ -обсерватории им. Комптона (CGRO) прибором EGRET, временные характеристики Геминги (частота прихода импульсов f_0 и ее первая и вторая производные f_1 и f_2) оцениваются следующим образом: $f_{0\approx} \approx 4.2178$ Гц, $f_1 \approx -1.952 \cdot 10^{-13}$ Гц/с, $f_2 \approx 2.8 \cdot 10^{-25}$ Гц/с². Их комбинация приводит к очень большому показателю торможения²⁰ $n = 10-30$. Заметим, что для получения канонической величины $n = 3$ значение второй производной частоты f_2 должно быть на порядок меньше $f_2^* = 3 f_1^2 / f_0 \approx 2.7 \cdot 10^{-26}$ Гц/с².

Чтобы понять полученный результат, следует обратиться к возможным кинематическим эффектам, связанным с движением пульсара в пространстве и влияющим на наблюдаемые временные характеристики пульсара. Таких эффектов два: первый — это хорошо известный эффект Доплера, а второй эффект возникает, когда координаты источника определены с недостаточной точностью или при анализе времени прихода импульсов используются координаты, измеренные в прошлом, а собственное движение источника неизвестно.

Учтем сначала эффект Доплера, который заключается в изменении регистрируемой частоты колебаний источника, движущегося относительно наблюдателя. В нашем случае за счет движения пульсара будет изменяться период его вращения, воспринимаемый наблюдателем на Земле. Если пульсар имеет собственную частоту вращения f и движется относительно Земли со скоростью v на расстоянии l под углом θ к лучу зрения в системе отсчета наблюдателя, то для нерелятивистского случая ($v/c \ll 1$) с точностью до величин первого порядка ма-

лости наблюдаемая частота вращения пульсара f будет

$$f = \hat{f} (1 + v/c \cos \theta).$$

Если разложить $\hat{f}(t)$ и $f(t)$ как функции времени t в ряд по степеням t и ограничиться квадратичными членами ($f = f_0 + f_1 t + f_2 t^2 / 2$), то, дифференцируя приведенное выражение по t , можно найти связь между собственными значениями частоты (f_0), ее первой (f_1) и второй (f_2) производными и соответствующими значениями, воспринимаемыми наблюдателем. Используя эти соотношения, получают довольно громоздкую формулу, выражающую наблюдаемый показатель торможения n через собственный показатель торможения n и величины $v, l, \theta, f_0, f_1, f_2$ и позволяющую оценить поправку на движение пульсара²¹. Как и следовало ожидать, чем больше скорость пульсара и чем он находится ближе, тем сильнее меняется величина n по отношению к собственному значению.

Если принять для собственного значения показателя торможения Геминги каноническую величину $n = 3$ и использовать наблюдаемые величины f_0, f_1, f_2 , то можно получить ограничения на скорость движения пульсара v и расстояния l до него. Оказывается (рис. 2,а), что при расстояниях до Геминги порядка 40 пк для получения наблюдаемых величин n требуется чрезвычайно высокая пространственная скорость пульсара > 1000 км/с.

Прямой наблюдательной проверкой такой скорости было бы измерение быстрого собственного движения пульсара со скоростью $u = 2''/г.$ (10 пс/г) $\times (v/100$ км/с) $\sin \theta$. Расчетные скорости собственного движения Геминги, соответствующие рис. 2,а, приведены на рис. 2,б.

Некоторые ограничения на собственное движение Геминги можно получить по рентгеновским данным. Из сопоставления диапазонов ошибок в определении положения источника по данным наблюдений с борта ИСЗ "Einstein" в 1981 г. и с борта ИСЗ ROSAT в 1991 г. можно оце-

²⁰ Hermsen W., Svanenburg B.N., Bucheri R. et al. Geminga // IAU Circ. № 5541. 10.06.1992.

²¹ Bisnovatyi-Kogan G.S., Postnov K.A. Pulsar motion effect and Geminga's high braking index // Nature. 1993. V. 366. P. 663–665.

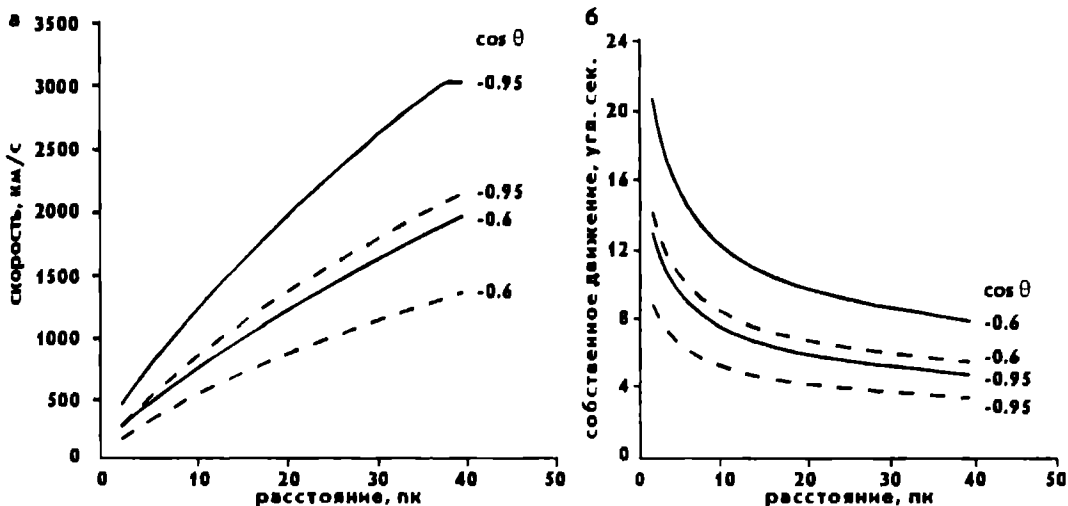


Рис. 2. а — пространственные скорости пульсара в зависимости от расстояния, которые бы давали $n=11$ и $n=5.5$, соответствующие значениям f_2 на нижнем пределе в 1 и 1.5 стандартных отклонения. График построен для углов $\cos \theta = -0.6$ (при котором эффект Доплера максимально влияет на показатель торможения), и $\cos \theta = -0.95$ (пульсар удаляется практически по лучу зрения). Пунктирными линиями обозначены скорости, полученные для значения $f_2 = 0.5 \cdot 10^{-25} \text{ Гц/с}^2 \approx 2f_2$, с плоскими — для значения $f_2 = 1.0 \cdot 10^{-25} \text{ Гц/с}^2$, близкого к наблюдаемому нижнему пределу. б — ожидаемые скорости собственного движения Геминги, соответствующие пространственным скоростям, указанным в левой части рисунка.

нить верхний предел для собственного движения Геминги значением $0.15''/\text{г}$.

Большое собственное движение слабых оптических звезд, находящихся внутри диапазона ошибок в определении положения Геминги, могло бы указывать на их связь с Гемингой. Такие попытки были сделаны Биньями²² в конце 1992 г. Он исследовал собственное движение одной из них — звезды G'' — и нашел, что его скорость составляет $0.2''/\text{г}$, а это значительно ниже наших оценок. Впрочем, оптическое отождествление Геминги до сих пор остается под вопросом, и далее станет ясно, что правильный учет даже столь малого собственного движения может понизить наблюдаемое значение f_2 , следовательно, привести к реалистическому значению показателя торможения. Поэтому весьма желательно определение положения рентгеновского источника, отождествляемого с Гемингой, с точностью $1''$ и непосредственное определение собственного движения рентгеновского источника.

Обратимся к влиянию ошибок координат источника, вызванных неучтенным собственным движением пульсара, на

анализ времени прихода импульсов и выводимые из него характеристики f_0 , f_1 и особенно f_2 и n . При таком анализе используется стандартная процедура приведения времени прихода импульсов от пульсара к барицентру Солнечной системы, что необходимо для вычитания эффектов, связанных с движением Земли и спутника. Если источник достаточно близкий и имеет заметное собственное движение по небу, то использование "старых" координат в этой процедуре может привести к ошибкам в значениях f_0 , f_1 и особенно f_2 .

Можно показать, ограничиваясь для простоты только движением Земли вокруг Солнца, что ошибка координат источника $\Delta\lambda$ приведет к появлению ошибки в определении второй производной периода вращения пульсара \dot{P} , меняющейся со временем²³. Поэтому величины \dot{P} , \ddot{P} и \ddot{P} , выводимые при усреднении длительных рядов наблюдений, будут зависеть от длительности наблюдений. Можно лишь сделать заключение, что наиболее вероятное собственное значение второй производной частоты вращения пульсара f_2 , которое дает $n = 3$, значительно меньше, чем возможная ошибка ее определения

²² Bignami G. F., Caraveo P. A., Mereghetti S. Discovery of the Geminga proper motion // Nature. 1993. V. 361. P. 704-707.

²³ См. сноску 21.

$\Delta f_2 \approx 8 \cdot 10^{-23}$ Дл. Более того, даже наблюдаемое аномально большое значение f_2 оказывается много меньше верхнего предела Δf_2 для координатной ошибки в $1''$, и в принципе учет собственного движения может улучшить ситуацию с показателем торможения. Значение Δf_2 близко к порядку верхнего предела для f_2 , полученного при наблюдениях прибором EGRET за относительно короткое время.

В действительности, поправка Δf_2 зависит от длительности наблюдаемого интервала, и для непрерывных наблюдений и постоянной ошибки в координатах дает вклад, меняющийся с годовым периодом, что связано с движением Земли. Когда собственное движение становится важным и зависит от времени, ошибка Δf_2 перестает быть периодической. Проведенные оценки показывают, что барицентрическая поправка сильно превышает ошибку из-за эффекта Доплера (даже при малых ошибках в координатах пульсара порядка $1''$ дуги). Аналогичная ошибка возникает из-за вращения самого рентгеновского телескопа на борту обсерватории CGRO вокруг Земли.

Можно ожидать, что самосогласованная процедура вычисления барицентрических поправок, правильно учитывающая собственное движение пульсара, позволит получить разумные значения l , i , v и более надежные оценки расстояния до Геминги, одной из ближайшей к нам нейтронных звезд.

ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Сейчас основным направлением исследований пульсаров следует считать поиск подкрученных (двойных и миллисекундных) пульсаров и их тщательное изучение. Для этого используются как более совершенное оборудование, так и новые математические программы при обработке данных наблюдений. Уже открыт 51 подкрученный пульсар. Большая часть таких пульсаров (в том числе и почти все одиночные) находится в шаровых скоплениях; в некоторых из них обнаружено сразу несколько пульсаров (более 10 в скоплении 47 Tucanae²⁴). Это подтвер-

ждает их связь с маломассивными рентгеновскими источниками, также концентрирующимися в шаровых скоплениях. Однако столь большое их количество в одном скоплении до сих пор не находит убедительного объяснения.

Подкрученные пульсары являются наиболее "чистыми" объектами, где отсутствуют газ или пыль и где процессы эволюции определяются потерями вращательной энергии, а также эффектами, вытекающими из общей теории относительности. Очень медленное изменение скорости вращения (с характерным временем порядка 10^9 лет), связанное с аномально низкими магнитными полями (до 10^8 Гс), позволяет проводить прецизионные наблюдения. Таким образом было подтверждено наличие гравитационного излучения²⁵ у пульсара PSR 1916+13. Кроме того, тщательные измерения релятивистских эффектов в этой системе позволили оценить массы входящих в нее нейтронных звезд с точностью, сравнимой с точностью определения массы Солнца. К настоящему времени обнаружено шесть подкрученных пульсаров в двойных системах, состоящих из двух нейтронных звезд. Их дальнейшее изучение позволит уточнить наши представления о законах гравитации и массах нейтронных звезд.

Измерения характеристик подкрученных пульсаров с высокой точностью привели к открытию новой области исследований: оказалось, что эти пульсары могут обладать планетными системами. У пульсара PSR B1257+12 обнаружено уже три планеты²⁶ с массами 0.2–4 массы Земли, удаленные на расстояния 0.19–0.47 а.е., причем существование третьей планеты было предсказано²⁷ после открытия первых двух. Впереди — поиски планетных систем и у других пульсаров.

Автор выражает благодарность К.А.Постнову за помощь в написании последнего раздела статьи, посвященного Геминге.

²⁵ См. чокку 1.

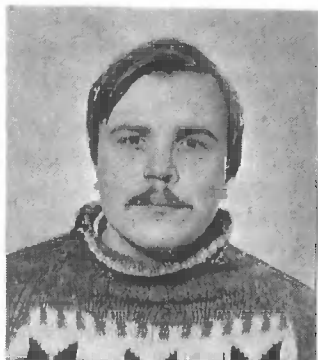
²⁶ Wołszczan A. Confirmation of Earth-mass planets orbiting the millisecond pulsar PSR B1257+12 // Science. 1994. V. 264. P. 538–542.

²⁷ Bisnovatyi-Kogan G. S. Planetary system around the pulsar PSR B1257+12 // Astronomy and Astrophysics. 1993. V. 275. P. 161–162.

²⁴ Manchester R. N., Lyne A. G., Robinson C. et al. Discovery of ten millisecond pulsars in the globular cluster 47 Tucanae // Nature. 1991. V. 352. P. 219–221.

Пути экспансии морских рачков

Г. М. Виноградов



Георгий Михайлович Виноградов, кандидат биологических наук, научный сотрудник Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова РАН. Занимается систематикой и экологической морфологией амфипод Мирового океана. Участник научных экспедиций в Индийский океан, Белое и Карское моря.

КРУПНЫЕ таксономические группы животных исторически формировались в крупных биотопах, будь то дно прибрежных мелководий древнего океана, толща вод прогретых лагун или болота на границе воды и суши. Здесь складывались специфические экосистемы, и в ходе освоения имеющихся или формирующихся экологических ниш возникали новые приспособления, возрастало таксономическое разнообразие групп. Процветающие группы животных стремились расширить свой ареал, заселяя новые, зачастую не свойственные им ранее, места.

Конечно, пример самого крупного завоевания нового биотопа — выход морских животных на сушу, со всеми вытекающими отсюда эволюционными последствиями. Но есть и другой путь — освоение изначально прибрежными животными больших глубин океана и всей толщи воды (пелагиали), создание экосистем с принципиально новыми связями между продуцентами и консументами, разнесенными по разным "этажам" водного столба. Проследить основные пути этого процесса у разных таксономических групп животных — одна из увлекательнейших задач эволюционной экологии. Объектами такого исследования уже стали рыбы и головоногие моллюски¹, но другие крупные таксоны, успешно освоившие пелагиаль, еще почти не изучены в этом отношении. К ним относятся и амфиподы (Amphipoda) — одна из наиболее процветающих и экологически

© Виноградов Г. М. Пути экспансии морских рачков.

¹ Парин Н. В. Рыбы открытого океана. М., 1988; Несис К. Н. Океанические головоногие моллюски: распространение, жизненные формы, эволюция. М., 1985.

разнообразных групп морских животных.

В этом большом отряде высших ракообразных, равном по статусу отряду десятиногих раков (крабы, раки и креветки) наиболее известен рачок бокоплав (*Gammarus*). Иногда бокоплавами называют всех амфипод, но это не совсем точно, ибо в основном они передвигаются нормально, спиной вверх. Описано более 5 тыс. видов амфипод, обитающих в самых различных биотопах и образующих множество жизненных форм.

Под жизненной формой мы понимаем группу организмов с любой степенью филогенетического родства, имеющих сходную морфологическую организацию и одинаковый образ жизни. Такая группа возникает в ходе параллельной и конвергентной эволюции под влиянием сходных экологических факторов. Большое разнообразие жизненных форм амфипод достигается, в общем-то, немногими средствами. Ведь сам по себе план строения высших ракообразных с постоянным числом сегментов тела и изначально двуветвистыми конечностями ограничивает появление принципиальных морфологических изменений и создает определенные их направления, которые только и могут реализоваться. Почти все изменения, ведущие к дивергенции ракообразных, заключаются в разрастании или, наоборот, редукции разных частей тела, особенно — конечностей. План строения не только обуславливает пути развития, но и ограничивает их число, чем и объясняется распространение конвергенции среди ракообразных вообще и амфипод — в частности. Все это делает амфипод удобным объектом для исследований и позволяет проследить, как крупная группа животных осваивает принципиально новые для нее места обитания.

Амфиподы — изначально морские животные — успешно заселили пресные воды, проникли в водоемы пещер и даже выходили на сушу, где, правда, не достигли выдающихся успехов, как другие ракообразные (например, равноногие рачки — изоподы, к которым

относятся хорошо известные многим мокрицы). Но все-таки они прочно заняли прибрежную полосу; ее заселили "морские блохи" талитриды, которые подчас умудряются ускакать на зимовку на сотни метров от берега. Однако мы не будем оглядываться на материки и ограничимся океаном. Новые биотопы можно осваивать, и не выходя из него. И наиболее яркий пример тому — завоевание рачками пелагиали.

АМФИПОДЫ ПЛАНКТОНА

Сейчас амфиподы — обычные элементы пелагических сообществ. Они обитают во всех районах и на всех глубинах Мирового океана — от закованных в лед высоких широт до экватора и от поверхности до дна глубоководных желобов. И хотя они обычно немногочисленны, но иногда, особенно в умеренно-холодноводных районах, образуют огромные скопления, на которых кормятся рыбы и киты.

Несмотря на то, что все амфиподы изначально донного происхождения, разные их группы в разной степени освоили и пелагиаль. Наиболее древние "вселенцы" — несомненно, представители подотряда гипериид (*Hyperieida*). Они полностью утратили связь со дном и ни один из более чем 250 известных видов этого подотряда не ведет бентосного (т. е. донного) образа жизни (правда, некоторые из них приобрели необязательные вторичные контакты с донными сообществами). В пелагиали гиперииды занимают самые разнообразные экологические ниши, но примерно половина из них — или паразиты, или комменсалы медуз, сифонофор, гребневиков, сальп и других желетелых жителей планктона. Однако великолепно приспособленные к обитанию в толще воды гиперииды для наших целей не подходят: они так давно и окончательно освоили пелагиаль, что следы этапов этого пути успели стереться.

В противоположность гипериидам, представители подотряда гаммарид

(Hammaridea) в настоящее время только проникают в пелагиаль — из более 4 тыс. морских видов подотряда лишь около 150 ведут чисто пелагический образ жизни, и подавляющее большинство из них имеет близких родственников на дне. Но из донных гаммарид очень немногие (древоточцы и некоторые высокоспециализированные симбионты бентосных животных и обитатели зарослей) никогда не поднимаются в толщу воды. Остальные так или иначе заглядывают туда².

У многих донных видов самых различных семейств гаммарид (даже строящих илистые домики-трубки или закапывающихся в грунт) значительная часть популяции (иногда — только самцы) может подниматься по ночам над дном. При этом ночное распределение рачков в толще воды никак не связано с дневным образом жизни, а время миграции зависит от порога освещенности и глубины обитания вида. Подобные кратковременные подъемы не требуют каких-либо специальных морфологических приспособлений, и строение рачков полностью определяется условиями обитания, с которыми они сталкиваются на дне. Покидая дно даже на короткое время, рачки могут переноситься течениями и опускаться на дно уже в новых местах, обеспечивая этим постоянное обновление донных популяций. Подъемы обычны для прибрежных районов, где рачки в основном остаются над теми же малыми глубинами, с которых поднялись и на которые утром опустятся вновь. Однако иногда рачки, поднявшиеся вблизи кромки шельфа, выносятся на большие глубины. Например, в 38 рейсе научно-исследовательского судна РАН "Дмитрий Менделеев" недалеко от края шельфа Южной Америки над глубинами около 500 м было добыто 18 экземпляров типичнейших бентосных рачков-ампелицид. В 10—20

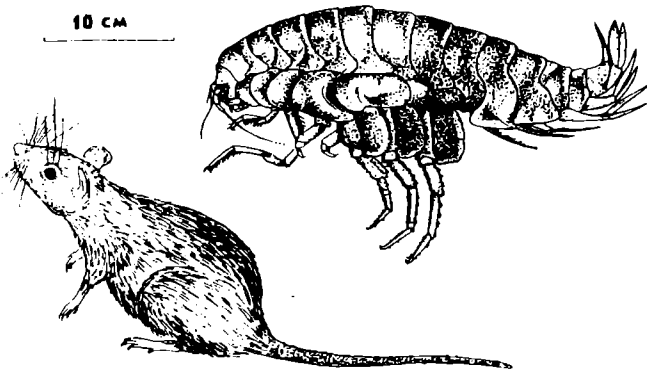
милях от места сбора глубина падала до 200 м, наверное, оттуда и поднялись рачки. Животные, вынесенные на глубокую воду, хотя и могут просуществовать некоторое время, обречены на гибель, они не оставят потомства. Пелагиаль оказывается для них областью стерильного выселения.

Кратковременные подъемы рачков в пелагиаль известны и для мелководных районов открытого океана. Так, в 18 рейсе НИС "Профессор Штокман" на подводном хребте Сала-и-Гомес (недалеко от о. Пасхи) в ночных придонных планктонных ловах был обнаружен новый вид гаммарид (*Leucothoe folkieni*), относящийся к роду, в котором большинство видов — либо обитатели зарослей, либо симбионты губок и им подобных.

"Экспедиции" мелководных бентосных гаммарид в толщу воды обычно непродолжительны, по ним невозможно проследить дальнейший путь амфипод в пелагиаль. Но имеются и совсем другие активно плавающие рачки — хищники и трупоеды, у которых даже специализирован ротовой аппарат. Это — морские стервятники. Они поднимаются над дном в поисках пищи — падали или легкодоступной живой добычи. В этой экологической группе встречаются рачки разных видов, хотя большинство относится к семейству лизианассид (*Lysianassidae*) — самому большому по числу видов в подотряде гаммарид, но все они очень похожи друг на друга: плотное обтекаемое тело, гладкие покровы, сильные гребные конечности и цепкие ходильные ножки. В морях они есть всюду — от мелководий до больших глубин. Работая на Белом море, мне приходилось наблюдать, как десятки принадлежащих к этому семейству анониксов (*Anopix*) собирались в течение нескольких часов возле мертвой рыбы. Известно, что на том же Белом море те же анониксы поднимаются высоко в толщу воды и объедают рыб, попавших в ставные сети.

Однако наибольшего расцвета эта группа бентопелагических стервятников, аналогичная наземным насекомым-па-

² Виноградов Г. М. Вероятные пути заселения морской пелагиали амфиподами-гаммаридами: анализ жизненных форм // Журн. общ. биологии. 1992. Т. 53. Вып. 3. С. 328—339.



Морской и наземный представители со сходными экологическими нишами: самая крупная из ныне живущих амфипод *Alicella gigantea* (один из придонных стервятников) и серая крыса, изображенные в одном масштабе.

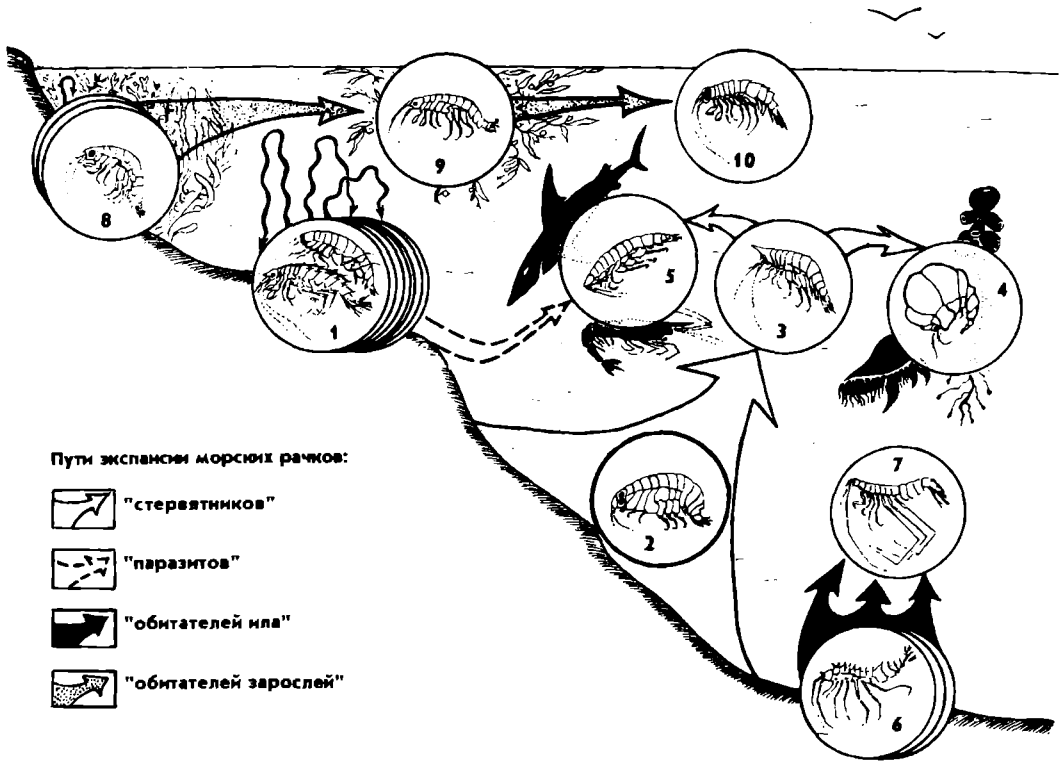
дальщикам, достигла глубин океана. Именно здесь обитают самые яркие ее представители. Среди них и широко распространенная ультраабиссальная *Nigondellela gigas*, сотни особей которой за считанные часы оставляли лишь скелет от рыбы, спущенной вместе с телекамерой на шестикилометровые глубины, и наиболее крупная из известных амфипод *Alicella gigantea*, самки которой достигают в длину 34 см, и *Orchomene gerulicorbis*, тысячами особей набивающаяся в ловушки с приманкой на чрезвычайно бедных жизнью абиссальных глубинах северной части Тихого океана, где биомасса "нормального" бентоса не превышает 10—50 мг/м². Обильная фауна амфипод-стервятников на больших глубинах, видимо, обусловлена тем, что при низкой температуре и высоком давлении развитие сапрофитной микрофлоры идет чрезвычайно медленно, и упавшие на дно трупы крупных животных могут достаточно долго сохраняться и быть найдены спящими над дном рачками, которые собираются на добычу с обширной площади.

Именно эта группа послужила основой экспансии гаммарид в пелагиаль и заселила разные глубины. Если одни виды плавают над дном, не уходя далеко в толщу воды, то другие поднимаются на сотни и тысячи метров, вплоть до мезопелагиали (еще недавно их считали пелагическими животными). Высоко в толще воды, амфиподы, естественно, уже не могут прокормиться исключительно упавшими

на дно трупами и должны переходить на питание также и в пелагиали, подбирая мертвую органику либо охотясь. Это — прямой путь к формированию следующих, уже чисто пелагических жизненных форм гаммарид.

Напомним, что экологические группы и жизненные формы объединяют животных по конвергентному сходству, возникшему от обитания в сходных условиях, но отнюдь не по родству. И когда мы говорим, что из одной жизненной формы выделилась другая, мы имеем в виду только то, что ее вероятные предки должны были походить на представителей первой и вести такой же образ жизни. Между ними обязательно прямое родство, хотя и такое возможно. В нашем же случае все жизненные формы пелагических гаммарид, которых мы выводим из бентопелагических стервятников, состоят все из тех же лизианассид — очевидно, в пределах этого семейства и шел рассматриваемый рывок в пелагиаль.

Непосредственно "высоко поднявшиеся" стервятники дали начало группе пелагических пловцов, имеющих великолепно развитый плавательный аппарат и более вытянутое обтекаемое тело. Как и у предшественников, ротовые части рачков приспособлены к откусыванию мягких тканей. Эта небольшая группа гаммарид (около 15 видов) несомненно процветает — перестав зависеть от условий на дне, рачки заселили всю акваторию Мирового океана.



Основные пути проникновения в пелагиаль гаммарид. 1 — мелководные донные жизненные формы, 2 — бентопелагические стервятники, 3 — планктонные хищники, 4 — паразиты желтого планктона, 5 — паразиты ракообразных и рыб, 6 — длинноногие обитатели глубоководных шлов, 7 — комароподобные рачки, 8 — обитатели прибрежных зарослей, 9 — обитатели саргассов, 10 — приповерхностные рачки.

Следующим шагом экологической эволюции этой ветви гаммарид был, очевидно, переход части хищных пелагических пловцов к паразитизму, причем происходил он, как минимум, в двух направлениях.

В одном случае паразитирование рачков на глубоководном желателем планктоне (медузах, сифонофорах и им подобных) привело к появлению жизненной формы малоподвижных тонкопокровных рачков (три рода все те же как лизианассид). У них сильно развит половой диморфизм, вообще характерный для паразитических ракообразных, и если самцы более или менее сохраняют обтекаемую форму тела, то

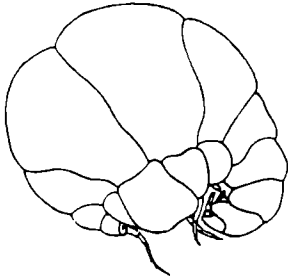
самки раздулись и стали похожими на шары (любопытно, что точно так же выглядят некоторые гипериды, занимающие сходную экологическую нишу). Питание нежными тканями медуз и сифонофор привело к значительной редукции ротового аппарата (в точности как у тех же гиперид!). Фактически сформировалась единая жизненная форма, включающая представителей двух подотрядов. Все входящие сюда виды — глубоководные рачки, почти не встречающиеся в верхних слоях океана.

Во втором случае амфиподы стали паразитами крупных планктонных ракообразных, вроде пелагических креветок и больших мизид, и объедают, в частности, икру, которую их самки носят под брюшком. В результате возникли формы с веретеновидным телом и сильными цепкими конечностями. Ротовые части редуцированы, хотя и не так сильно, как у тонкопокровных паразитов желателей. Сюда входит более 10 родов лизианассид (главным образом, монотипических, т. е. включающих только по одному виду), что

ГАММАРИДЫ

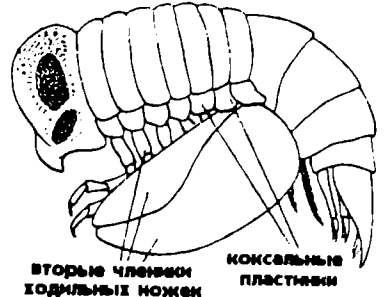


коксальные пластинки

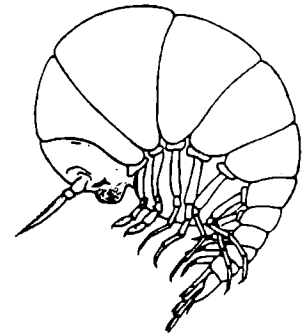
Stegoccephalopsis ampulla*Danella mimonectes*

сворачивающиеся в форме
чечевицы или шарика
"быстроногие" рачки

ГИПЕРИИДЫ

вторые членики
ходильных ножеккоксальные
пластинки*Platyscelus ovoides*

тонкопленочные малопадающие
паразиты желтого плактона

*Mimonectes sphaericus*

Амфиподы подотрядов гипериды и гаммарид. Завоевая пелагиаль, эти амфиподы заняли сходные экологические ниши, что привело к формированию сходных жизненных форм.

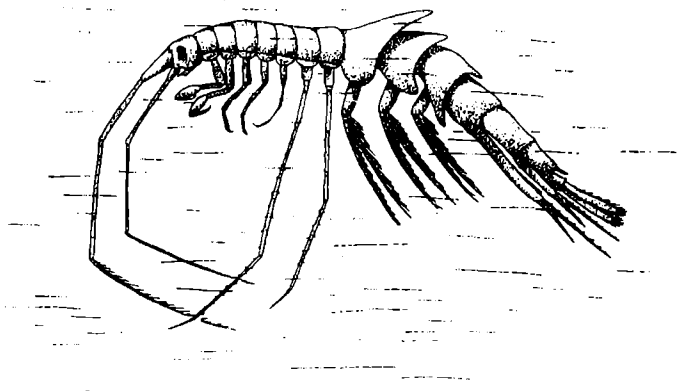
говорит о характерной для паразитических организмов широкой адаптивной радиации в пределах этой группы. Этим исчерпывается главная "лизианасидная" ветвь экспансии гаммарид в пелагиаль.

Другая небольшая группа лизианасид попала сюда иным путем: через паразитирование на придонных рыбах, к которому, очевидно, перешли непосредственно бентосные рачки. Некоторые виды рода *Trischizostoma* паразитируют на губках и им подобных животных, другие — на акулах, главным образом придонных. Рачки, однако, могут легко оставлять свою жертву и свободно плавать в толще воды. По внешнему виду и образу

жизни они близки к упомянутым веретеновидным паразитам ракообразных и могут быть отнесены к той же жизненной форме. Этот путь, в отличие от предыдущего, был реализован мелководными рачками.

Отдельными линиями, через ряд придонных форм, проникли в пелагиаль похожие на чечевицу амфиподы из семейства стегоцефалид (*Stegoccephalidae*) и тонкотелье, с длинными слабыми ногами, похожие на комаров-долгоножек, обитатели тихих вод больших глубин. Стегоцефалиды интересны тем, что при опасности они могут свернуться в шарик, спрятать ножки под сильно развитый боковой щит, образованный разросшимися коксальными пластинками, и быстро провалиться вниз, "оставив с носом" очередного хищника. Между прочим, некоторые гипериды и в этом выработали сходное приспособление, но у них боковой щит формируется разросши-

Байкальский комаровидный рачок *Macrohaestopus branickii* — единственная пресноводная пелагическая амфипода.



мися вторыми члениками пятой и шестой пар грудных ног. Характерный облик стегоцефалид возник еще на дне, пелагические рачки выглядят так же, как и бентосные, вот только хитиновый панцирь у них более тонкий и менее тяжелый.

Группа комароподобных рачков включает амфипод нескольких семейств. Похоже, что их предки обитали на рыхлых илах больших глубин, где для существования и отрастили длинные тонкие ноги. Эта "конструкция" оказалась столь удачной, что не раз повторялась у неродственных рачков и позволила им независимо расстаться со дном. Такое строение тела характерно для многих родов, у которых часть видов бентосная, а часть — пелагическая. Именно к этой жизненной форме принадлежит единственная пресноводная пелагическая амфипода — *Macrohaestopus branickii* — из озера Байкал.

Пропустив рачков, перешедших к обитанию на нижней стороне арктических льдов — все-таки это "не настоящие" обитатели пелагиали, — перейдем к последнему пути вселения гаммарид в пелагиаль. Начинается он в довольно неожиданном месте — у самого берега. В прибрежных зарослях водорослей обитают многие амфиподы. С оторвавшимися комками растений рачки могут выноситься течением далеко в океан — характерных обитателей приливо-отливной зоны находили на плавающих водорослях и в

50 км от берега. Возможно, их скопления, особенно в тропических морях, могут обеспечить жизнедеятельность нескольких поколений амфипод. Наверное, именно таким путем прибрежные заросли сформировали фауну амфипод пелагических саргассов, несомненно происходящую от прибрежных рачков, но теперь уже обособленную. Среди обитателей плавающих саргассов встречаются рачки, как постоянно живущие на них (они даже вбуравливаются внутрь водорослей), так и способные покидать растения. Можно предположить, что именно развитие последней тенденции и привело к возникновению группы "приповерхностных" гаммарид, уже не связанных с плавающими водорослями. Однако они сохранили некоторое внешнее сходство с обитателями зарослей и принадлежат к семействам, для которых обитание там весьма характерно. Подобный путь образования этой группы гаммарид вполне укладывается в рамки существующей точки зрения о широком участии бентосных литоральных организмов в формировании фаунистических комплексов поверхностной пленки моря, в неразрывном взаимодействии с которой находятся самые верхние слои воды³.

Таким образом, амфиподы гамма-

³ Савилов А. И. Плейстон Тихого океана // Тихий океан. Биология Тихого океана. Книга II: Глубоководная донная фауна, плейстон. М., 1969. С. 264—353.

риды проникали (да и сейчас проникают) в пелагиаль разными путями — с малых и больших глубин "своим ходом" и верхом на других животных. Но все-таки главный, самый успешный прорыв, позволивший занять наибольшее число экологических ниш, осуществлялся стервятниками глубинных вод океана.

Возникает вопрос: действительно ли стервятники — пластичная группа с большими потенциальными возможностями заселения новых биотопов, или же им просто повезло при вторжении в пелагиаль? Возможности посмотреть на их поведение "в других случаях" весьма ограничены, ибо подобные заселения принципиально иных мест обитания, да еще одной и той же группой животных, естественно, очень редки. И все же вторжение в пелагиаль — не единственный случай освоения амфиподами нового биотопа моря. В наши дни происходит еще одно, менее мощное, но не менее интересное вселение.

АМФИПОДЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

В последние годы проводятся интенсивные исследования гидротермальных, обогащенных соединениями серы, источников на дне океана — в районах срединно-океанических хребтов и задугового спрединга на глубинах 1500—4000 м. В результате выявлены совершенно особые сообщества животных, которые используют энергию бактериального хемосинтеза на основе соединений серы или метана⁴.

Хемосинтез обеспечивает существование богатейших скоплений жизни, разбросанных в виде отдельных пятен на удаленных друг от друга полях гидротерм или поровых высачиваний. Большинство групп встречающихся там животных связано с гидротермальными сообществами по меньшей мере с

раннего силура⁵ (430—450 млн. лет назад). Они выработали ряд удивительных биохимических и морфологических приспособлений, позволяющих им жить в симбиозе с бактериями и наиболее экономно использовать энергию бактериального хемосинтеза⁶.

Характерная черта структуры этих сообществ — наличие нескольких (иногда двух-трех) массовых видов, которые непосредственно используют синтезированную бактериями органику, и обширного "шлейфа" значительно менее многочисленных животных, существующих за счет этих видов-эпифитов.

Среди видов "шлейфа" — масса океанических бентосных или бентопелагических животных: плоские черви, нематоды, полихеты, двустворчатые моллюски, гастроподы, иглокожие, различные ракообразные (в том числе копеподы, крабы и креветки) и многие другие. Есть среди них и амфиподы. Наблюдатели, опускавшиеся в обитаемых аппаратах, иногда отмечали "мелких, спящих у дна амфипод", или "крупных (2—3 см) амфипод, быстро передвигающихся по скоплениям моллюсков возле источников", или неопознанных амфипод, вьющихся плотным роєм вокруг поселений гигантских гидротермальных вестиментифер (*Riftia pachyptila*). Но поймать рачков оказывается непросто — очень подвижные, они легко уходят из образцов, добываемых манипуляторами погружаемых аппаратов; приходится использовать специальное оборудование — нечто вроде морского пылесоса. В самое последнее время уже появился материал, позволяющий представить общую картину освоения амфиподами этих уникальных биотопов.

Среди отмеченных на гидротермах амфипод резко выделяются несколько

⁴ Сагалевич А. М., Москалев Л. И. Хемобиос на дне Тихого океана // Природа. 1991. № 5. С. 33—40.

⁵ Кузнецов А. П., Масленников В. В., Зайков В. В. Пригидротермальная фауна силурийского палеоокеана Южного Урала // Изв. РАН. Сер. биол. 1993. № 4. С. 525—543.

⁶ Чилдресс Д. Д., Шелбек Х., Сомеро Д. Н. Симбиоз в глубинах океана // В мире науки. 1987. № 7. С. 72—79.

массовых эндемичных видов, которые могут претендовать на роль видов-эдификаторов. Их очень немного. В первую очередь, это *Ventiella sulfuris* (единственный вид рода *Ventiella*), в огромных количествах встречающаяся на тропических восточнотихоокеанских гидротермах (Галапагосы, Восточно-Тихоокеанское поднятие на 13° и 21° с. ш.) среди вестиментифер и полихет альвинеллид. Вентиэлла жестко привязана к гидротермальным сообществам и никогда не встречалась вне них. Возможно, рачки могут питаться гидротермальными бактериями, хотя точно это не известно. Некоторые другие гидротермальные ракообразные "черных курильщиков" питаются, как установлено, хемосинтезирующими бактериями. Именно на такой пище существуют гигантские скопления креветок брезилиид (*Bresiliidae*) на гидротермах Атлантического океана⁷. Эти креветки выращивают целые "сады" бактериальных колоний на собственных ротовых частях и объедают их по мере надобности. Хотя вентиэлла отмечалась в различных ассоциациях гидротермальной фауны, она явно тяготеет к колониям "помпейских червей" — альвинеллид (*Alvinellidae*). Более того, рачки часто сидят на спинной стороне этих полихет, покрытой коллоидными волосовидными нитями (они секретируются спинными железами альвинеллид), на которых поселяются симбиотические бактерии, вероятно, служащие пищей для вентиэлл.

К амфиподам-эдификаторам, хотя и менее уверенно, чем вентиэллы, могут быть отнесены еще два вида. Это — *Apotectonia heterostegos*, массовые скопления которого были встречены на Галапагосских гидротермах, и недавно описанный пелагобентосный рачок *Halice hesmonectes*, образующий плотные (до 1000 экз./л) придонные рои, постоянно выходящие над трещина-

ми с термальными истечениями (при повторном, более чем через месяц, посещении трещин глубоководным аппаратом рой оказывался на месте)⁸.

Следует сказать, что морфологическое строение амфипод весьма универсально, даже у облигатных обитателей гидротерм не возникает каких-либо "экзотических" черт. Вентиэлла и апотектония только незначительными (и невыразительными) деталями отличаются от "нормальных" бентосных амфипод из близкородственных родов, а халице имеет типичный облик планктонной гаммариды жизненной формы комароподобных рачков, в которую входят многие амфиподы, никак с гидротермами не связанные.

Упомянутые рачки вселились в гидротермальные биотопы уже достаточно давно и успели хорошо их освоить. Но широкое проникновение амфипод в гидротермаль продолжается и поныне. Об этом свидетельствует значительное количество добытых на гидротермах самых различных их видов, которых следует отнести к фауне "шлейфа". Такие "шлейфовые" амфиподы весьма неоднородны, среди них легко можно выделить три экологические группы.

Первая и основная — это подвижные трупоеды и хищники (наши старые добрые стервятники). К ним относится значительная часть амфипод "шлейфа", в первую очередь — все лизианассиды, кроме упомянутых выше. Многие из них — бентосные виды, не обнаруженные вне гидротерм. В эту группу входят и более широко распространенные виды. Например, бентопелагический вид *Cyclocaris tahitensis*, найденный в сборах с гидротермальных сообществ. В свое время он был описан из планктонных проб, однако позже этих рачков ловили донными ловушками с приманкой из мертвой рыбы. Так выяснилось, что и они относятся к группе бентопелагических

⁷ Пименов Н. В., Саввичев А. С., Гебрук А. В. и др. Трофическая специализация креветок брезилиид в гидротермальном сообществе ТАГ // Докл. РАН. 1992. Т. 323. № 3. С. 567—571.

⁸ Dover C. L. van, Kaartvedt S. et al. Deep-sea amphipod swarms // Nature. 1992. V. 358. № 6381. P. 25—26.

стервятников, которые во множестве собираются на лежащих на дне трупам животных⁹. К этой же группе принадлежит большинство видов широко распространенного рода *Orchomene*, некоторые из них встречаются на гидротермах в массовом количестве (в том числе еще один первоначально описанный из планктона вид). На гидротермальных полях хребта Хуан-де-Фука в северо-восточной Пацифике обнаружен еще один вид из группы бентопелагических стервятников *Oradarea longimana* (уже не лизианассида, а представитель другого семейства амфипод — зузирид). Интересно, что эта орадера не из "чистых" стервятников, так как способна паразитировать на бентосных декаподах. Рачков находили на крабах-пауках, а в отдаленном от гидротерм Охотском море — в жаберной полости крабов-стригунов. Вероятно, гидротермальные сообщества с огромными скоплениями относительно крупных организмов, их трупов, а также легко доступной живой добычи (вроде свежеперелинявших декапод) привлекательны для подобных рачков. Четкой разницы между рачками-стервятниками, паразитами и хищниками на гидротермах еще не существует, и одни и те же амфиподы могут, в зависимости от обстоятельств, выступать в разных ролях.

Как уже сказано, многие рачки, которых мы относим к этой группе, были встречены только на гидротермах, хотя и в небольших количествах. Неизвестно, говорит ли это об их строгой принадлежности к гидротермальным сообществам или просто о плохой изученности окружающего "фона". Однако весьма вероятно, что именно эта экологическая группа рассеивает по гидротермальным сообществам негидротермальных гаммарид. Внутри нее могут возникать и более специализированные виды — жестче

привязанные к гидротермальным сообществам и шире использующие местные ресурсы. Это — возможный путь формирования видов-эдификаторов.

Вторая по числу видов экологическая группа гидротермальных амфипод — так называемые грунтокопатели. Термальные воды зачастую высачиваются на участках с мягким грунтом, который выстилает и подножья башен "черных курильщиков". Именно в таких местах поселяются типичные обитатели гидротермальных сообществ, например, двустворчатый моллюск калиптогена, находили там и различные виды роющих грунт амфипод. Все они — представители видов, обычных для негидротермальных биотопов тех же районов. Возможно, их пребывание рядом с источниками — простая случайность, но не исключено и то, что их, как и стервятников, привлекают обогащенные "гидротермальной" органикой грунты. В любом случае маловероятно, что в дальнейшем они войдут в состав преимущественно эпибентосных (донных) гидротермальных сообществ.

Наконец, встречаются на "курильщиках" и самые обычные "фоновые" подвижные эпибентосные амфиподы (эври- и детритофаги), случайно забредшие в места выхода гидротерм.

Ясно, что и в этом "великом вселении" стервятники играют ведущую роль. Таким образом, это действительно весьма перспективная, с точки зрения захвата новых биотопов, экологическая группа амфипод. Конечно, никоим образом нельзя считать, что только они на это способны: например, освоение амфиподами пресных вод и береговой полосы суши проходило без всякого участия стервятников — основателями могли быть самые обычные прибрежные детритофаги. Но все-таки высокая подвижность, изначальная склонность к обследованию больших площадей дна с различными условиями и универсальное строение тела дали стервятникам большие шансы для экспансии водной толщи.

⁹ Виноградов М. Е., Виноградов Г. М. Амфиподы, пойманные донной ловушкой на подводном хребте Наска // Зоол. журн. 1991. Т. 70. Вып. 6. С. 32—38.

Двойной β -распад и его поиски

А. С. Барабаш



Александр Степанович Барабаш, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Государственного научного центра Российской Федерации "Институт теоретической и экспериментальной физики". Область научных интересов — нейтринная физика, двойной β -распад, методы регистрации частиц. Автор монографии (в соавторстве с А. И. Болоздыней) "Жидкостные ионизационные детекторы" (М., 1993).

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ СТОРОНА ПРОБЛЕМЫ

Проблема двойного β -распада возникла практически сразу же после появления в 1930 г. гипотезы Паули о существовании нейтрино и создания в 1933 г. теории β -распада Э. Ферми. Эта теория была построена по аналогии с квантовой электродинамикой, однако для описания β -распада Ферми ввел новый тип взаимодействия — слабое. В рамках теории Ферми удалось дать хорошее описание процессам

$$(A, Z) \rightarrow (A, Z+1) + e^- + \bar{\nu} \quad (\beta^- \text{-распад}), \quad (1)$$

$$(A, Z) \rightarrow (A, Z-1) + e^+ + \nu \quad (\beta^+ \text{-распад}) \quad (2)$$

Здесь (A, Z) — ядро с атомным номером A и зарядом Z , e^- — электрон, e^+ — позитрон, ν — нейтрино и $\bar{\nu}$ — антинейтрино. В 1935 г. в работе М. Гепперт-Майер впервые было указано на возможность существования двухнейтринного двойного β -распада ($2\beta(2\nu)$) — процесса, в котором превращение ядра (A, Z) в $(A, Z+2)$ сопровождается испусканием двух электронов и двух антинейтрино. В 1937 г. Э. Майорана теоретически показал, что если допустить существование лишь одного типа нейтрино, не имеющего античастицы (т. е. $\nu \equiv \bar{\nu}$), выводы теории β -распада не изменятся¹. В том же году Г. Рака обратил

© Барабаш А. С. Двойной β -распад и его поиски.

¹ В этом случае принято говорить о "майорановском" нейтрино и, если оно имеет массу, о массе "майорановского" типа.

внимание на то, что в этом случае, в принципе, становится возможным процесс безнейтринного двойного β -распада ($2\beta(0\nu)$), когда превращение ядра (A, Z) в $(A, Z+2)$ сопровождается испусканием только двух электронов. В 1939 г. В. Фарри теоретически исследовал эту возможность и ввел следующую схему описания $2\beta(0\nu)$ -распада. Процесс идет как бы в два этапа: сначала исходное ядро (A, Z) , испуская один электрон, переходит в виртуальное промежуточное состояние плюс виртуальное $\bar{\nu}$; затем это виртуальное $\bar{\nu}$ уже в качестве ν (поскольку $\nu \equiv \bar{\nu}$) поглощается промежуточным ядром и вызывает его распад с излучением второго электрона. Результат такого превращения записывается следующим образом: $(A, Z) \rightarrow (A, Z+2) + 2e^-$.

На разных этапах развития теории слабых взаимодействий интерес к процессу безнейтринного двойного β -распада был обусловлен разными причинами. До того как была установлена $(V-A)$ -структура слабых взаимодействий², считалось, что поиск $2\beta(0\nu)$ -распада является одним из способов проверки тождественности нейтрино и антинейтрино. В то время считалось, что β -распадное взаимодействие описывается комбинацией скалярного и тензорного вариантов взаимодействия и единственным препятствием для $2\beta(0\nu)$ -распада является различие нейтрино и антинейтрино. Впоследствии была установлена $(V-A)$ -структура слабого взаимодействия, что означало наличие дополнительного (кирального) запрета на безнейтринный 2β -распад. В связи с этим шансы на то, что этот процесс реализуется в природе, резко упали. Тем не менее, в 1960 г. была

вычислена вероятность распада в предположении о существовании майорановской массы нейтрино одновременно с этим была рассмотрена и другая возможность — наличие примеси правых токов в слабом взаимодействии. В 1968 г. Б. М. Понтекорво выдвинул гипотезу о существовании нового взаимодействия, меняющего лептонный заряд L на две единицы ($\Delta L=2$), и показал, что $2\beta(0\nu)$ -распад может стать чувствительным способом проверки этой гипотезы³.

В настоящее время интерес к $2\beta(0\nu)$ -распаду обусловлен тем, что сам факт существования этого процесса тесно связан со следующими фундаментальными аспектами физики элементарных частиц:

- несохранением лептонного числа;
- наличием у нейтрино массы и ее природой;
- существованием правых токов в электрослабом взаимодействии;
- существованием новой элементарной частицы — майорона;
- структурой хиггсовского сектора элементарных частиц;
- суперсимметрией.

Все эти вопросы лежат вне рамок стандартной модели электрослабого взаимодействия, поэтому регистрация безнейтринного двойного β -распада будет означать открытие "новой физики". Основной интерес к этому процессу, конечно же, связан с проблемой массы нейтрино — если $2\beta(0\nu)$ -распад экспериментально обнаружат то, по современным представлениям, это автоматически будет означать, что масса покоя хотя бы одного нейтрино отлична от нуля и эта масса — майорановского типа.

² Первоначально рассматривалось пять типов взаимодействия: скалярный S , векторный V , тензорный T , аксиально-векторный A и псевдоскалярный P . Анализ экспериментальных данных позволил в конце 50-х годов прийти к выводу о $(V-A)$ -природе слабого взаимодействия, хотя не исключена возможность примеси $(V+A)$ -взаимодействия — так называемых правых токов.

³ История возникновения и развития проблемы 2β -распада подробно изложена в работах: Понтекорво Б. М. Детство и юность нейтринной физики: некоторые воспоминания // Природа. 1983. № 1. С. 43—57; Щепкин М. Г. Двойной β -распад и масса нейтрино // Успехи физ. наук. 1984. Т. 143. Вып. 4. С. 515.

Рассмотрим три основные моды 2β -распада⁴.

$2\beta(2\nu)$ -распад:

$$(A, Z) \rightarrow (A, Z+2) + 2e^- + 2\bar{\nu}. \quad (3)$$

Это процесс второго порядка по слабому взаимодействию и не запрещен никакими законами сохранения. Его регистрация дает информацию о значениях ядерных матричных элементов (ЯМЭ) для 2ν -переходов, что позволяет вести проверку существующих моделей расчета ЯМЭ и продвигает нас в понимании ядерно-физического аспекта проблемы 2β -распада. Ожидается, что накопление экспериментальной информации о $2\beta(2\nu)$ -процессах позволит существенно повысить качество расчетов ЯМЭ как для 2ν -, так и для 0ν -распада.

$2\beta(0\nu)$ -распад:

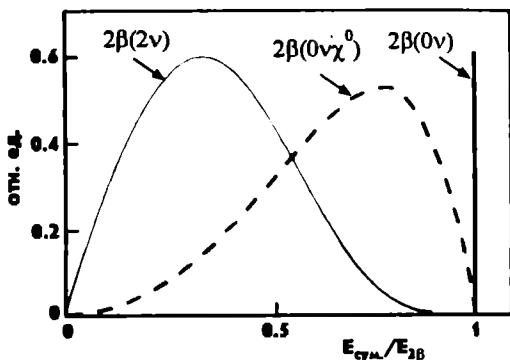
$$(A, Z) \rightarrow (A, Z+2) + 2e^-. \quad (4)$$

Он идет с нарушением закона сохранения лептонного числа ($\Delta L=2$) и требует существования у майорановского нейтрино отличной от нуля массы покоя либо примеси правых токов в электрослабом взаимодействии. Этот же процесс возникает и в некоторых суперсимметричных моделях, где $2\beta(0\nu)$ -распад инициируется обменом суперсимметричных частиц. Кроме того, такой распад возникает и в моделях с расширенным хиггсовским сектором в рамках теории электрослабого взаимодействия.

$2\beta(0\nu\chi^0)$ -распад:

$$(A, Z) \rightarrow (A, Z+2) + 2e^- + \chi^0. \quad (5)$$

Процесс требует существования



Спектры суммарной энергии электронов для трех основных типов 2β -распада — безнейтринного $2\beta(0\nu)$ (вертикальная прямая), с испусканием двух нейтрино $2\beta(2\nu)$ (цветная кривая) и с испусканием майорона $2\beta(0\nu\chi^0)$ (пунктир).

майорона χ^0 , безмассового голдстоуновского бозона, возникающего при глобальном нарушении (B—L)-симметрии, где B — барионное, а L — лептонное квантовые числа. Майорон, если он существует, может играть достаточно серьезную роль в истории ранней Вселенной, эволюции звезд, а также иметь непосредственное отношение к проблеме солнечных нейтрино. Модель триплетного майорона была недавно "закрыта" данными по распадной ширине Z^0 -бозона, полученными на ускорителях LEP в Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН, Швейцария) и SLC в Станфордском ускорительном центре (США). Тем не менее было предложено несколько новых моделей, в которых возможен $2\beta(0\nu\chi^0)$ -распад и нет противоречия с данными LEP и SLC. Была также предложена модель 2β -распада с испусканием двух майоронов (в рамках суперсимметричных теорий). Все это делает задачу поиска 2β -распада с испусканием майорона важной и интересной.

В настоящее время безнейтринный 2β -распад не зарегистрирован, однако существующие экспериментальные данные позволяют получать ограничения на массу майорановского нейтрино ($\langle m_{\nu} \rangle$), параметры примеси правых

⁴ Возможны также процессы $(A, Z) \rightarrow (A, Z-2)$, сопровождаемые испусканием двух позитронов ($2\beta^+$ -процессы), испусканием одного позитрона с одновременным K-захватом ($K\beta^+$ -процессы) и захватом двух орбитальных электронов (2K-захват). Для простоты изложения мы будем рассматривать 2β -распад. В каждом случае рассмотрения $2\beta^+$ -, $K\beta^+$ - или 2K-процессов это будет отмечаться особо.

токов в электрослабом взаимодействии ($\langle \eta \rangle$ и $\langle \lambda \rangle$), константу связи майорана с нейтрино ($\langle g_{ee} \rangle$) и т. д.⁵. Надежность и точность этих ограничений во многом определяется качеством расчетов ЯМЭ (0ν). Однако в настоящее время точность этих расчетов недостаточно высока и значения ЯМЭ (0ν) отличаются в вычислениях разных авторов в 2—3 раза. Тем не менее, используя наиболее консервативные значения ЯМЭ (0ν), можно получить достаточно надежные ограничения для всех указанных выше параметров⁶.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Число возможных кандидатов на 2β -распад достаточно велико — это примерно 30 ядер⁷. Однако, поскольку вероятность 2β -распада сильно зависит от энергии перехода, наибольший интерес представляют ядра с большой энергией 2β -перехода, (обычно это ядра с $E_{2\beta} \geq 2$ МэВ). В качестве примера рассмотрим схему уровней триады ядер ^{100}Mo — ^{100}Tc — ^{100}Ru . Обычный β -распад ^{100}Mo невозможен по энергетическим соображениям, но возможен 2β -переход в основное или возбужденное состояния ^{100}Ru . Причем энергия 2β -переходов в этом случае достаточно

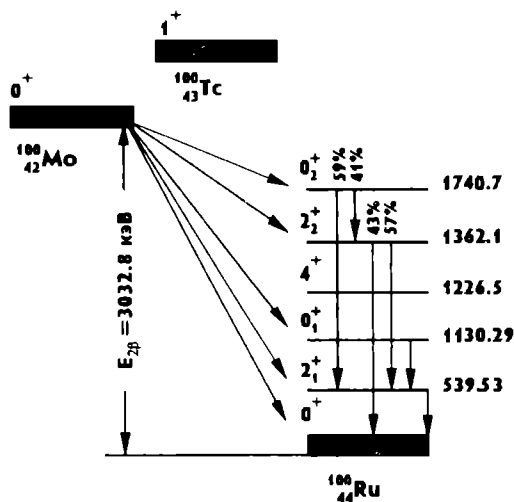


Схема уровней триады ядер ^{100}Mo — ^{100}Tc — ^{100}Ru . Энергии возбужденных состояний приведены в килоэлектронвольтах; вероятность соответствующих переходов дана в процентах.

велика: примерно 3 МэВ для перехода в основное состояние, около 2.5 МэВ для перехода на 2^+ и 1.9 МэВ для перехода на 0^+ возбужденные состояния ^{100}Ru . Когда дочернее ядро образуется в возбужденном состоянии, энергия возбуждения снимается испусканием одного или двух γ -квантов, которые могут регистрироваться и, тем самым, служить дополнительным источником информации о 2β -распаде.

Первый эксперимент по поиску 2β -распада был проведен в 1948 г. с использованием счетчиков Гейгера. В этом эксперименте был установлен предел на период полураспада ^{124}Sn : $T_{1/2} > 3 \cdot 10^{15}$ лет. В последующие несколько лет 2β -распад несколько раз "открывали", но каждый раз "закрывали" в более чувствительных экспериментах. Исключение составили геохимические опыты, в которых был действительно зарегистрирован 2β -распад ^{130}Te (об этом речь ниже).

До середины 60-х годов чувствительность прямых (счетчиковых) экспериментов, как правило, не превышала 10^{17} — 10^{18} лет. В конце 60-х произошел первый качественный скачок в чувстви-

⁵ Так, например, в случае реализации механизма с майорановской массой нейтрино период полураспада связан с массой нейтрино следующим образом:

$$[T_{1/2}]^{-1} = G |M|^2 \langle m\nu \rangle^2,$$

где G — фазовый объем, который может быть точно рассчитан, M — ядерный матричный элемент перехода, а $\langle m\nu \rangle$ — эффективное значение массы нейтрино.

⁶ Теоретические аспекты 2β -распада подробно обсуждаются в следующих работах: Щепкин М. Г. Двойной β -распад и масса нейтрино // Успехи физ. наук. 1984. Т. 143. С. 515; Doi T., Kotani T., Tagasugi E. Double β -decay and majorana neutrino // Prog. Theor. Phys. Suppl. 1985. V. 83. P. 1; Tomoda T. Double β -decay // Rep. Prog. Phys. 1991. V. 54. P. 53.

⁷ Примерно столько же ядер могут испытывать $2K$ -захват, 20 ядер — $K\beta^+$ -распад и 6 ядер — $2\beta^+$ -распад.

тельности экспериментов по поиску 2β -распада — для нескольких ядер (^{48}Ca и ^{76}Ge), она была доведена до 10^{21} лет для 0ν - и 10^{19} лет для 2ν -распада.

Повышенный интерес к 2β -распаду в начале 80-х, во многом связанный с указанием в эксперименте ИТЭФ⁸ на существование у нейтрино массы покоя на уровне ~ 30 эВ, привел к новому повышению уровня и качества экспериментов. В настоящее время чувствительность таких опытов составляет 10^{22} — 10^{24} лет для 0ν -распада и 10^{19} — 10^{21} лет для 2ν -распада. Это позволило зарегистрировать $2\beta(2\nu)$ -распад в ^{82}Se , ^{76}Ge , ^{100}Mo , ^{150}Nd и ^{116}Cd . В ближайšie несколько лет чувствительность будет доведена до 10^{25} и 10^{22} лет для 0ν - и 2ν -распада соответственно, т. е. превысит чувствительность первого эксперимента (проведенного в 1948 г.) почти на десять порядков.

ДВУХНЕЙТРИННЫЙ ДВОЙНОЙ β -РАСПАД

Этот распад был впервые зарегистрирован в 1950 г. в геохимическом эксперименте с ^{130}Te . В 1967 г. в аналогичном опыте он был обнаружен и в ^{82}Se . Сделать это в прямом (счетчиковом) эксперименте долгое время не удавалось, и только в 1987 г. М. Моу, используя время-проекционную камеру — ТРС (от англ. Time Projection Chamber), впервые наблюдал $2\beta(2\nu)$ -распад в ^{82}Se . Этот эксперимент как бы снял психологический барьер, и новые положительные результаты стали появляться чуть ли не каждый год. Рассмотрим их более подробно.

Геохимические эксперименты. Их методика основана на выделении продуктов 2β -распада (как правило, благородных газов) из древних минералов с их последующим изотопным

анализом. Обычно исследуются переходы $^{130}\text{Te} \rightarrow ^{130}\text{Xe}$, $^{128}\text{Te} \rightarrow ^{128}\text{Te}$ и $^{82}\text{Se} \rightarrow ^{82}\text{Kr}$. Обнаружение избыточного количества искомого изотопа (с учетом возможного вклада в эффект различных ядерных реакций — под действием нейтронов, космических лучей и т. д.) свидетельствует о существовании 2β -распада исходного ядра и позволяет определять период его полураспада.

В экспериментах исследуются минералы, содержащие телур или селен и имеющие возраст несколько миллиардов лет. Другими словами, это и есть время экспозиции! За такое время в 1 г образца в результате 2β -распада образуется 10^6 — 10^{10} новых атомов (например ^{130}Xe), что приводит к совершенно другому соотношению изотопов Хе (или Кг) по сравнению с обычным. Так, например, в случае с телуром концентрация ^{130}Xe в ксеноне, извлеченном из образца, в десятки раз превышает концентрацию этого же изотопа в ксеноне из воздуха. Конечно же, любой тип 2β -распада ^{130}Te будет приводить к образованию ^{130}Xe — поэтому геохимические эксперименты не в состоянии отличить один тип распада от другого. Тем не менее, используя данные других экспериментов, а также результаты теоретических расчетов, можно однозначно сделать вывод о наблюдении в ^{130}Te , ^{82}Se и ^{128}Te именно двухнейтринного двойного β -распада. В настоящее время существуют некоторые разногласия между отдельными группами относительно абсолютных значений периода полураспада для ^{130}Te и ^{128}Te , но сам факт наблюдения $2\beta(2\nu)$ -распада во всех трех ядрах установлен совершенно надежно и сомнений не вызывает. Неопределенность в значениях периода полураспада связана с неопределенностями в установлении возраста образцов, коэффициента удержания газов в минералах и т. п. В таблице 1 приведены наиболее надежно установленные, на взгляд автора статьи, значения периодов полураспада указанных выше изотопов.

Недавно группа японских физиков

⁸ Любимов В. А. и др. Оценка массы покоя нейтрино из измерений β -спектра трития // ЖЭТФ. 1981. Т. 81. С. 1158.

Таблица 1

Сводка лучших результатов по регистрации и поиску $2\beta(2\nu)$ -распада

Изотоп	Положительные результаты, $T_{1/2}$ лет	Пределы: $T_{1/2}$ лет
^{46}Ca		$> 3.6 \cdot 10^{19}$
^{76}Ge	$[1.43 \pm 0.03(\text{стат.}) \pm 0.13(\text{сист.})] \times 10^{21}$	
^{82}Se	$(1.08 + 0.26 - 0.06) \times 10^{20}$ $(1.2 \pm 0.1) \times 10^{20}$ (геохимия)	
^{96}Zr		$> 1 \cdot 10^{17}$
^{100}Mo	$[0.95 \pm 0.04(\text{стат.}) \pm 0.09(\text{сист.})] \times 10^{18}$	
$^{100}\text{Mo} - ^{100}\text{Ru} (0^+1)$	$(6.1 + 3.7 - 1.7) \times 10^{20}$	
^{116}Cd	$[3.6 + 0.6(\text{стат.}) - 0.5(\text{стат.}) \pm 0.3(\text{сист.})] \times 10^{19}$	
^{128}Te	$(7.7 \pm 0.4) \times 10^{24}$ (геохимия)	
^{130}Te	$(2.7 \pm 0.1) \times 10^{21}$ (геохимия)	
^{136}Xe		$> 2.1 \cdot 10^{20}$
^{150}Nd	$\sim 10^{19}$	
^{238}U	$(2.0 \pm 0.6) \times 10^{21}$ (радиохимия)	
^{244}Pu		$> 1.1 \cdot 10^{18}$

сообщила о наблюдении в геохимическом эксперименте $2\beta(2\nu)$ -распада ^{96}Zr : $T_{1/2} = (3.9 \pm 0.9) \cdot 10^{19}$ лет. В этом эксперименте исследовался минерал циркон с возрастом $1.7 \cdot 10^9$ лет, из которого выделялся молибден и изучался его изотопный состав. Некоторый избыток ^{96}Mo (продукта 2β -распада ^{96}Zr) позволил авторам сделать вывод о наблюдении $2\beta(2\nu)$ -распада ^{96}Zr . Однако существует достаточно серьезная критика этого эксперимента, и для подтверждения результата требуются независимые измерения. Вероятно, ситуацию прояснит эксперимент с ^{96}Zr на установке NEMO2 (о ней речь ниже).

Несколько лет назад было указано⁹ на возможность поиска в геохимических экспериментах двойного двухнейтринного К-захвата в ^{130}Ba . Для этого предлагается исследовать изотопный состав ксенона, находящегося в минералах с высоким содержанием бария. Распространенность бария в земной коре достаточно велика (0.05 %). В качестве исследуемого

образца можно использовать один из наиболее распространенных минералов, содержащих барий, — барит (тяжелый шпат BaSO_4). Показано, что чувствительность такого эксперимента составит $3 \cdot 10^{22}$ лет, что почти на порядок выше современных теоретических предсказаний на период полураспада ^{130}Ba по каналу $2K(2\nu)$ — $4 \cdot 10^{21}$ лет.

Радиохимические эксперименты. В некоторых случаях образующееся в результате 2β -распада ядро становится радиоактивным. Если период полураспада этого ядра много меньше 10^9 лет, то распространенность его в природе должна быть крайне низкой, и практически единственный процесс, который может привести к образованию избытка таких ядер, — это 2β -распад. Радиоактивное дочернее ядро достаточно просто регистрируется обычными детекторами частиц, что и определяет перспективность этого метода. Основные кандидаты здесь следующие:

$$^{238}\text{U} \xrightarrow{2\beta} ^{238}\text{Pu} (\alpha\text{-распад; } T_{1/2} = 88 \text{ лет}), \quad (6)$$

$$^{232}\text{Th} \rightarrow ^{232}\text{U} (\alpha\text{-распад; } T_{1/2} = 72 \text{ года}), \quad (7)$$

$$^{244}\text{Pu} \rightarrow ^{244}\text{Cm} (\alpha\text{-распад; } T_{1/2} = 18 \text{ лет}). \quad (8)$$

⁹ Барабаш А. С. Предложение геохимического эксперимента по поиску двухнейтринного двойного электронного захвата в ^{130}Ba . Препринт ИТЭФ—130. 1990 г.

Положительный результат был получен для ^{238}U А. Туркевичем и др. (Чикагский университет, США), которые выделяли ^{238}Pu из 8.5 кг урановой соли, произведенной за 33 года до эксперимента (т. е. время экспозиции составило 33 года). Счет ядер ^{238}Pu велся по α -частицам с энергией 5.6 МэВ. Период полураспада ^{238}U по 2β -каналу составил $(2.0 \pm 0.6) \cdot 10^{21}$ лет. В радиохимических экспериментах, так же как и в геохимических опытах, невозможно отличить один тип 2β -распада от другого, и дают они полную скорость перехода $(A, Z) \rightarrow (A, Z+2)$. Однако анализ всей имеющейся экспериментальной и теоретической информации позволяет и в этом случае сделать вывод о наблюдении в этом эксперименте именно 2β (2ν)-распада.

Подобные опыты недавно были проведены с ^{244}Pu . В них исследовались 1.5 г обогащенного ^{244}Pu , который был предварительно очищен от примесей и экспонировался в течение одного года. После этого из образца выделили Sm и в течение 200 дней вели счет α -частиц. Ни одного случая распада ^{244}Sm зарегистрировано не было, что позволило установить лишь предел на 2β -распад ^{244}Pu : $T_{1/2} > 1.1 \cdot 10^{18}$ лет.

Счетчиковые эксперименты. Как уже говорилось, первые эксперименты по поиску 2β -распада со счетчиками были выполнены в конце 40-х годов. После этого были сотни экспериментов с использованием различных методов и установок, но только в 1987 г. М. Моу с сотрудниками (Калифорнийский университет в Ирвайне, США) с помощью ТРС зарегистрировали $2\beta(2\nu)$ -распад ^{82}Se ($T_{1/2} \cong 1.1 \cdot 10^{20}$ лет).

Основная трудность в таких экспериментах — борьба с фоном, поскольку радиоактивные примеси в исследуемом образце, а также в окружающих материалах могут прямо или косвенно имитировать полезные события. Причем именно при изучении $2\beta(2\nu)$ -распада ситуация наиболее неблагоприятная, поскольку в этом случае спектр полезных

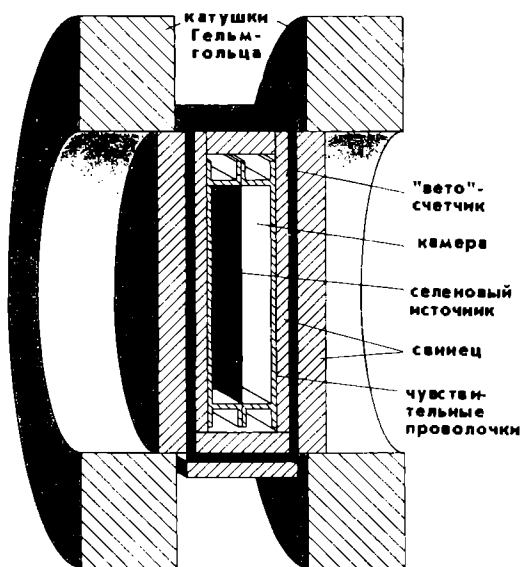
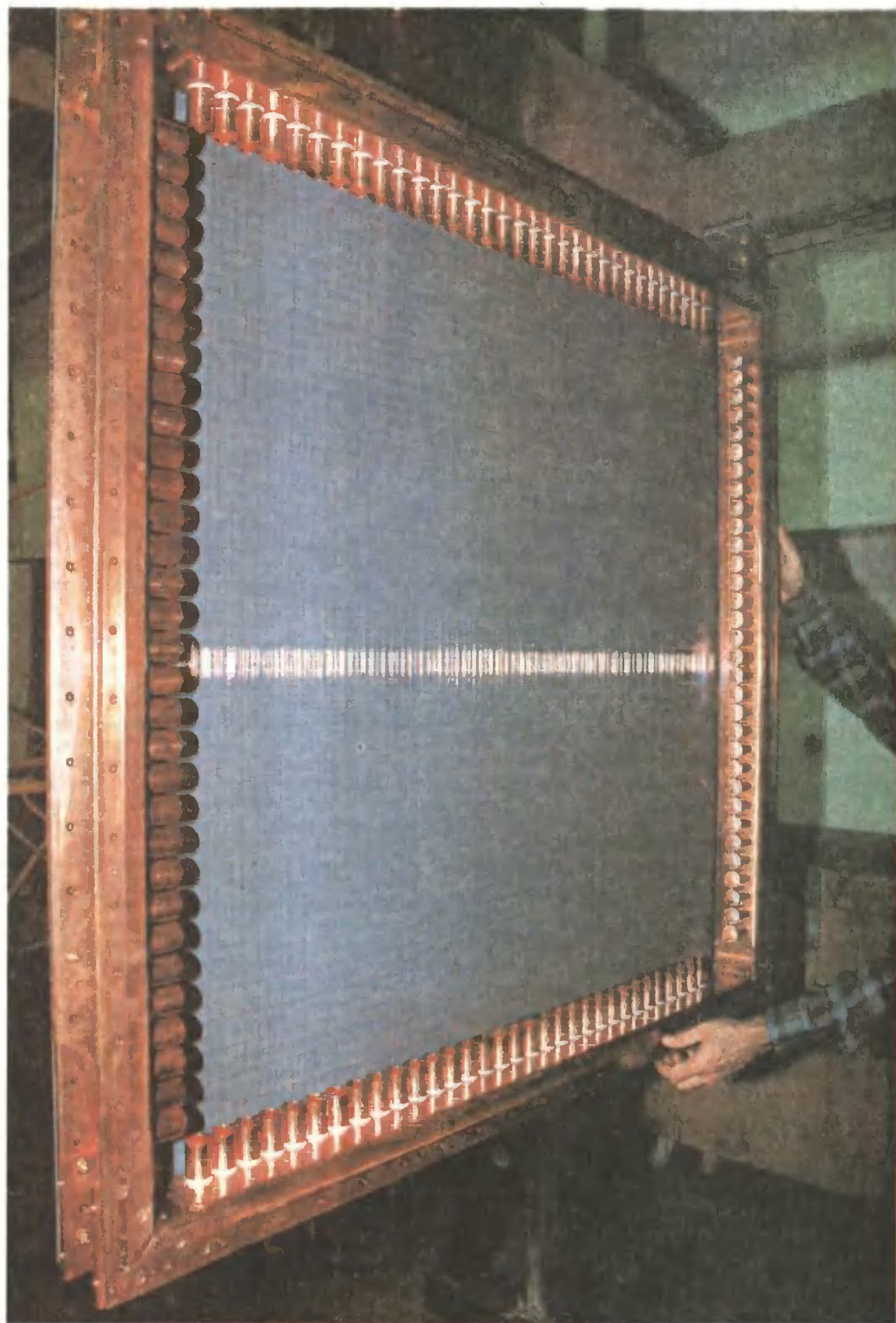
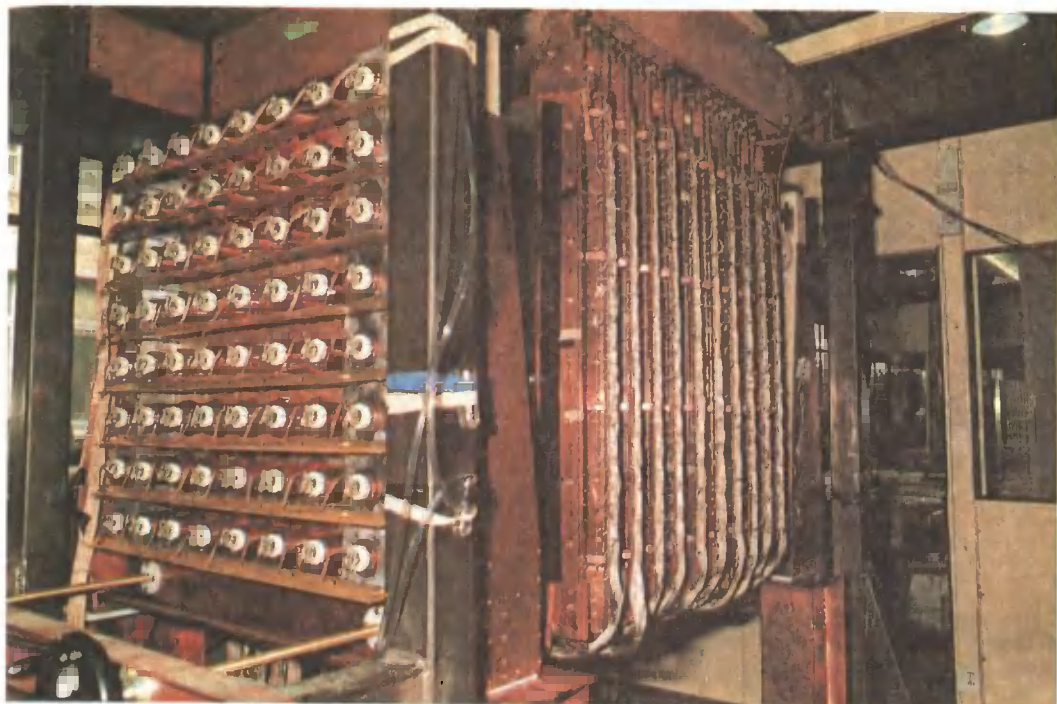


Схема время-проекционной камеры (ТРС), на которой впервые наблюдался двухнейтринный двойной β -распад. Плоскость источника делит камеру, наполненную гелием и работающую в пропорциональном режиме, на две симметричные части. Камера окружена активной (пропорциональные счетчики) и пассивной (свинец) защитой. Магнитное поле внутри камеры заставляет электроны двигаться по спирали. Под действием же электрического поля электроны ионизации еще и дрейфуют к аноду. Система ортогонально расположенных друг к другу анодных и катодных проволочек позволяет определять координаты x - и y -событий, а координата z определяется по времени прибытия электронов ионизации к аноду. Таким образом восстанавливается полная картина полезного события. Энергия электронов измеряется по кривизне треков. Отличительной особенностью 2β -событий от ^{82}Se было одновременное появление двух электронов, имеющих общую точку в источнике, причем это не сопровождалось никакими другими распадами или частицами ни до, ни после полезного события.

событий имеет непрерывную форму и по характеру поведения трудно отличим от фона. В эксперименте Моу удалось наблюдать 67 событий $2\beta(2\nu)$ -распада.

В течение последующих нескольких лет в счетчиковых экспериментах $2\beta(2\nu)$ -распад был зарегистрирован в ^{76}Ge , ^{100}Mo , ^{150}Nd и ^{116}Cd . Причем для ^{76}Ge и ^{100}Mo это было сделано в трех независимых экспериментах, а для





^{116}Cd и ^{150}Nd — в двух. В ^{100}Mo впервые был также зарегистрирован $2\beta(2\nu)$ -распад с образованием дочернего ядра в возбужденном состоянии (с квантовыми числами 0^+ и энергией возбуждения 1130.29 кэВ). В таблице 1 приведены результаты наиболее достоверных и прецизионных экспериментов в области 2ν -распада.

В настоящее время эксперименты по регистрации $2\beta(2\nu)$ -распада выходят на качественно новый уровень — когда уже недостаточно просто зарегистрировать распад, а необходимо измерить все параметры процесса с хорошей точностью. К таким экспериментам нового поколения относятся экспери-

Общий вид детектора NEMO2. Хорошо видна одна из плоскостей сцинтилляционных счетчиков (64 счетчика и, соответственно, 64 фотозлектронных умножителя). Большинство деталей конструкции выполнено из бескислородной меди.

менты на установке NEMO2, размещенной в подземной лаборатории Фреджос (Франция) в туннеле между Италией и Францией на глубине 4800 м в. э.¹⁰. На установке с хорошей точностью был изучен $2\beta(2\nu)$ -распад ^{100}Mo и ^{116}Cd . От $2\beta(2\nu)$ -распада ^{100}Mo было зарегистрировано 1433 события, в

Трековая плоскость детектора NEMO2. Она содержит 32 вертикальные и 32 горизонтальные гейгеровские ячейки. С каждой ячейки снимаются три сигнала — один с анода и два с катода (с противоположных концов). Точность восстановления места прохождения заряженной частицы через ячейку составляет 4.7 мм в продольном и 0.5 мм в радиальном направлении.

¹⁰ В коллаборацию NEMO входят четыре института из Франции (IN2P3-CNRS; Орсе, Бордо, Страсбург, Кан), два института из России (ИТЭФ и ОИЯИ) и по одному институту из Украины (ИЯИ) и США (Маунт Холиок колледж). В проекте участвуют около 40 физиков. Коллаборация располагает несколькими низкофоновыми детекторами в лаборатории Фреджос. Главная цель — поиск $2\beta(0\nu)$ -распада целого ряда ядер с чувствительностью 10^{25} лет.

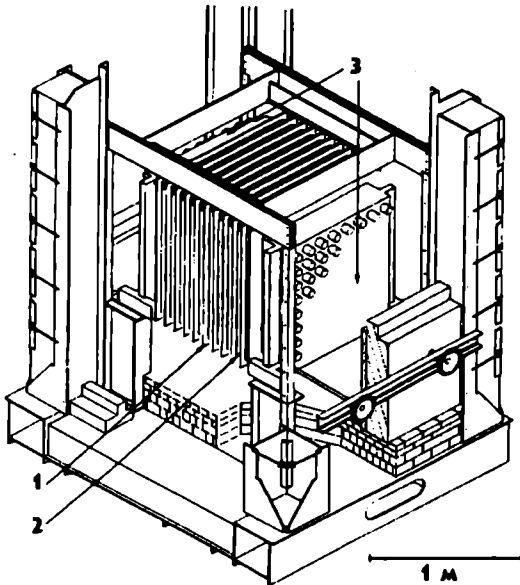


Схема установки NEMO2. Детектор окружен пассивной защитой — 5 см свинца и 20 см стали (на рисунке не показана). В центре его — источник с размерами $1 \times 1 \text{ м}^2$ из фольги толщиной 40 мкм (1). Причем половина источника — это фольга из естественного молибдена (содержание ^{100}Mo — 9.6 %), а другая половина — обогащенный молибден (98.35 % ^{100}Mo). С обеих сторон от источника расположено по пять координатных плоскостей (2), образующих трековый объем детектора. Каждая плоскость состоит из 32 вертикальных и 32 горизонтальных гейгеровских ячеек. С двух сторон трековый объем закрыт плоскостями (3), набранными из сцинтилляционных счетчиков (по 64 в каждой плоскости). С их помощью измеряется энергия электронов, а трековый объем служит для получения пространственной информации о событиях. Признаком полезного события является: одновременное (в пределах 50 нс) срабатывание двух сцинтилляционных счетчиков и срабатывание, как минимум, четырех гейгеровских ячеек в течение 2.5 мкс. Вся информация о таких событиях заносится в компьютер. При последующей обработке происходит восстановление треков электронов и отбираются события с общей вершиной в источнике и удовлетворяющие всем другим критериям.

результате чего получено следующее значение периода полураспада:

$$T_{1/2} = [0.95 \pm 0.04(\text{стат.}) \pm 0.09(\text{сист.})] \times 10^{19} \text{ лет.}$$

Кроме того, в этом эксперименте были измерены спектр одиночных электронов и угловые распределения, которые хорошо согласуются с расчетными распределениями и являются дополнительной гарантией того, что в эксперименте наблюдается именно $2\beta(2\nu)$ -распад ^{100}Mo .

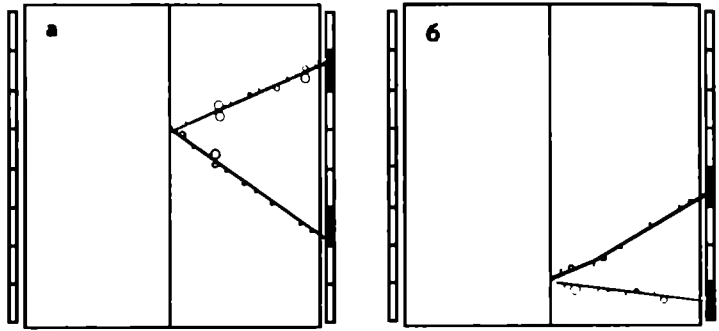
В настоящее время на установке NEMO2 продолжается набор статистики в эксперименте¹¹ с ^{116}Cd , а в 1995 г. будут исследованы ^{96}Zr и ^{82}Se .

БЕЗНЕЙТРИННЫЙ ДВОЙНОЙ β -РАСПАД

В отличие от двухнейтринного распада, процесс безнейтринного двойного β -распада до сих пор не наблюдался. С экспериментальной же точки зрения зарегистрировать его проще, поскольку в этом случае в экспериментальном спектре ищется пик с энергией, равной энергии 2β -перехода и с шириной, определяемой разрешением детектора. Для поиска $2\beta(0\nu)$ -распада применялись самые разные методы и установки. Наибольшие успехи достигнуты с германиевыми полупроводниковыми детекторами, основанные преимуществами которых — высокое энергетическое разрешение ($\Delta E = 2\text{—}3 \text{ кэВ}$) и сравнительно небольшие размеры. Последнее обстоятельство способствует созданию детекторов, изготовленных из сверхчистых материалов и с очень хорошей пассивной защитой, что позволило сильно снизить уровень фона. Особенно впечатляющий прогресс достигнут за последние 10 лет — когда удалось снизить индекс фона в области $2\beta(0\nu)$ -распада более чем в 100 раз. Вторым существенным достижением стало использование детекторов из германия, обогащенного примерно до 86 % ^{76}Ge , что примерно в 10 раз превышает содержание ^{76}Ge в естественном германии. Это, при про-

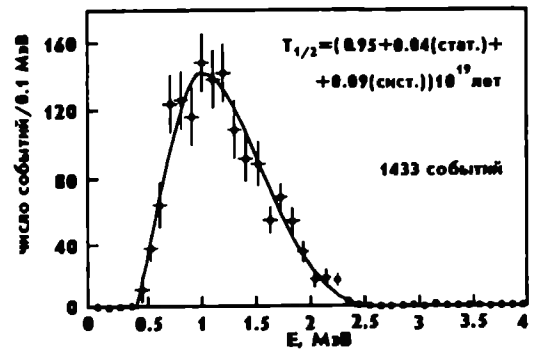
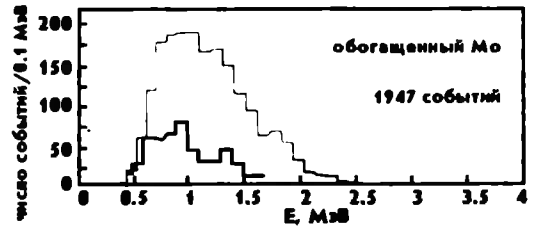
¹¹ Предварительные результаты свидетельствуют о наблюдении $2\beta(2\nu)$ -распада ^{116}Cd с периодом полураспада $3.6 \cdot 10^{19}$ лет.

Типичное двухэлектронное событие в детекторе NEMO2 (а — вид сверху; б — вид сбоку; вертикальная прямая соответствует положению источника; треки электронов обозначены цветной и черной линиями). Для гейгеровских ячеек, перпендикулярных плоскости рисунка, траектория электрона проходит по касательной к окружностям и путь дрейфа до анода задается их диаметром. Для гейгеровских ячеек, параллельных плоскости рисунка, штрихи показывают положение трека в направлении вдоль анода. Энергия одного электрона — 800 кэВ, другого — 384 кэВ.



чих равных условиях, сразу же увеличивает чувствительность эксперимента примерно в 10 раз.

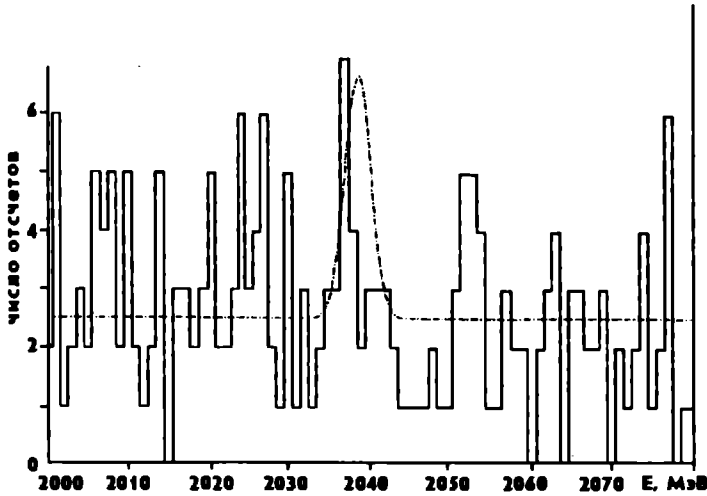
Впервые детектор из обогащенного германия был использован в совместном эксперименте Института теоретической и экспериментальной физики (Москва) и Ереванского физического института в 1987—1990 гг. В 1990 г. коллаборацией Москва — Гейдельберг (Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова — Институт Макса Планка) был начат новый эксперимент с использованием детекторов из обогащенного германия. Эта установка расположена в подземной лаборатории Гран Сассо (Италия) на глубине 3500 м в. э.¹² В настоящее время там работают три детектора общим весом 6 кг. Вся их оснастка выполнена из материалов с низким содержанием радиоактивных примесей. Детекторы помещены в пассивную защиту, состоя-



Энергетические спектры двухэлектронных событий в детекторе NEMO2 (вверху). Пороговая энергия для каждого электрона составляла 200 кэВ. Цветная кривая соответствует событиям от обогащенного молибдена, черная кривая — внешний фон. Энергетический спектр “чистых” $2\beta(2\nu)$ -событий в ^{100}Mo , полученный после вычитания фона (внизу). Сплошная кривая — расчетный спектр.

¹² Лаборатория в Гран Сассо, расположенная недалеко от Рима, по своему техническому оснащению, организации и условиям работы на сегодня является лучшей в мире подземной лабораторией. В настоящее время в ней проводится целый ряд экспериментов по поиску 2β -распада, поиску “темного” вещества Галактики, регистрируются нейтрино от Солнца (эксперимент GALLEX), ведутся эксперименты в области физики элементарных частиц и космических лучей на установках LVD, MACRO и т. д.

щую из 20 см обычного (внешний слой) и 10 см низкорadioактивного археологического свинца (внутренний слой). Установка работает уже более четырех лет. На суммарном спектре, набранном за это время, наблюдается даже небольшой избыток событий (на уровне двух стандартных статистических ошибок) в области $2\beta(0\nu)$ -перехода.



Энергетический спектр в области $2\beta(0\nu)$ -распада, полученный в лучшем на сегодняшний день эксперименте с ^{76}Ge -детекторами (коллобация Москва — Гейдельберг); $t = 130$ моль год. Пунктирная кривая — ожидаемое положение пика от $2\beta(0\nu)$ -распада ^{76}Ge .

Конечно же, такой результат нельзя считать наблюдением эффекта, и, скорей всего, он обусловлен статистическими флуктуациями, но, тем не менее, он подогревает интерес к этому эксперименту и к проблеме 2β -распада в целом. Авторы дают следующее ограничение на процесс $2\beta(0\nu)$ -распада ^{76}Ge : $T_{1/2} > 2.94 \cdot 10^{24}$ лет, что соответствует ограничению на массу майорановского нейтрино $^{13} <m_{\nu}> < 0.9 - 2$ эВ.

Достаточно высокое ограничение на $2\beta(0\nu)$ -распад было получено также

¹³ Большой разброс в значении $\langle m_{\nu} \rangle$ связан с разбросом расчетных значений ядерного матричного элемента перехода $^{76}\text{Ge} \rightarrow ^{76}\text{Se}$.

Таблица 2

Сводка лучших результатов по поиску $2\beta(0\nu)$ -распада

Изотоп	$T_{1/2}$ лет	$\langle m_{\nu} \rangle$, эВ
^{48}Ca	$> 9.5 \cdot 10^{21}$	$< 18.3 - 23.6$
^{76}Ge	$> 2.94 \cdot 10^{24}$	$< 0.9 - 2.2$
^{82}Se	$> 2.7 \cdot 10^{22}$	$< 4.7 - 14.4$
^{100}Mo	$> 4.4 \cdot 10^{22}$	$< 2.4 - 6.6$
^{116}Cd	$> 2.9 \cdot 10^{22}$	< 4.1
^{128}Te	$> 7.3 \cdot 10^{24}$ (геохимия)	$< 1 - 2$
^{130}Te	$> 2.1 \cdot 10^{22}$	$< 5.0 - 6.7$
^{136}Xe	$> 3.4 \cdot 10^{23}$	$< 2.3 - 3.4$
^{150}Nd	$> 2.1 \cdot 10^{21}$	$< 4 - 22$

для ^{136}Xe в эксперименте с использованием ТРС на ксеноне. Здесь также использовался обогащенный материал — 3.3 кг обогащенного ксенона (62 % ^{136}Xe). Помимо измерения суммарной энергии электронов в этом эксперименте отбирались события с одновременным вылетом двух электронов из одной точки, восстанавливались треки электронов и измерялась энергия каждого отдельного электрона. После почти года измерений получен предел $T_{1/2} > 3.4 \cdot 10^{23}$ лет, что соответствует ограничению на массу нейтрино $\langle m_{\nu} \rangle < 3.4$ эВ.

В таблице 2 представлены современные ограничения на существование

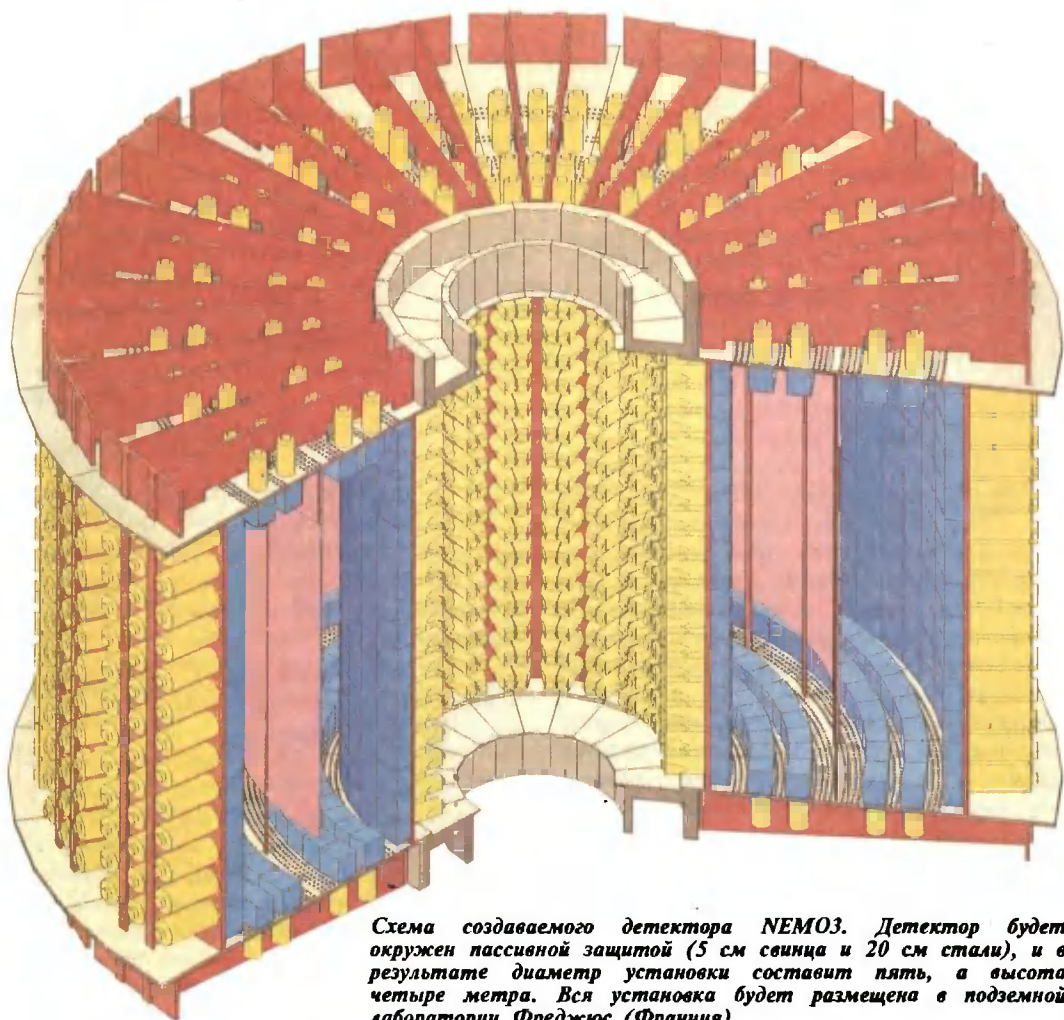


Схема создаваемого детектора NEMO3. Детектор будет окружен пассивной защитой (5 см свинца и 20 см стали), и в результате диаметр установки составит пять, а высота четыре метра. Вся установка будет размещена в подземной лаборатории Фреджюс (Франция).

$2\beta(0\nu)$ -распада в наиболее интересных ядрах. Все результаты, за исключением ^{128}Te , получены в счетчиковых экспериментах. В случае ^{128}Te "положительный" результат для $2\beta(2\nu)$ -распада одновременно служит ограничением и на $2\beta(0\nu)$ -распад. Из этого ограничения получается довольно жесткий предел на массу майорановского нейтрино: $\langle m_\nu \rangle < 1-2$ эВ, что не уступает результату эксперимента с ^{76}Ge .

ДВОЙНОЙ β -РАСПАД С ИСПУСКАНИЕМ МАЙОРОНА

В 1987 г. на одной из конференций по физике нейтрино Ф. Авиньоне

(Университет штата Южная Каролина, США) представил результаты своих измерений с германиевым полупроводниковым детектором и интерпретировал их как наблюдение двойного β -распада ^{76}Ge с испусканием майорона с периодом полураспада $T_{1/2} = (6 \pm 1) \times 10^{20}$ лет, что соответствует значению константы связи майорона с нейтрино $\langle g_{ee} \rangle \sim 10^{-3}$. Этот результат почти сразу же был "закрыт" другими экспериментами, и лучший предел сейчас для ^{76}Ge составляет $1.7 \cdot 10^{22}$ лет.

В 1992 г. на Рочестерской конференции в Далласе М. Моу представил результаты измерений, про-

Таблица 3

Сводка лучших результатов по поиску $2\beta(0\nu\chi')$ -распада

Изотоп	$T_{1/2}$ лет	$\langle g_{ee} \rangle$
^{48}Ca	$> 7.2 \cdot 10^{20}$	$< (4.3-8.5) \cdot 10^{-4}$
^{76}Ge	$> 1.66 \cdot 10^{22}$	$< (1.8-5) \cdot 10^{-4}$
^{82}Se	$> 1.6 \cdot 10^{21}$	$< (2-11) \cdot 10^{-4}$
^{100}Mo	$> 5 \cdot 10^{20}$	$< (2-6) \cdot 10^{-4}$
^{116}Cd	$> 1 \cdot 10^{21}$	$< 3 \cdot 10^{-4}$
^{128}Te	$> 7.3 \cdot 10^{24}$ (геохимия)	$< (3-7.8) \cdot 10^{-5}$
^{130}Te	$> 1.5 \cdot 10^{21}$	$< (2.1-5) \cdot 10^{-4}$
^{136}Xe	$> 4.9 \cdot 10^{21}$	$< (2.4-3.5) \cdot 10^{-4}$
^{150}Nd	$> 5.3 \cdot 10^{20}$	$< (0.7-3.8) \cdot 10^{-4}$

веденных с помощью ТРС в ^{82}Se , ^{100}Mo и ^{150}Nd . Во всех трех случаях наблюдался избыток событий в высокоэнергетической части спектра. Это было расценено как указание на существование распада с испусканием майорона. Однако вскоре этот результат был "закрыт" для ^{100}Mo в работах коллаборации NEMO и японской группы (Н. Иджири и др.), а через некоторое время и самим Моу в измерениях с модернизированной ТРС. Затем тем же Моу эффект был закрыт и для ^{150}Nd и ^{82}Se .

Таким образом, в настоящее время существуют лишь пределы на процесс двойного β -распада с испусканием майорона (см. таблицу 3). Наиболее жесткое ограничение получено в геохимическом эксперименте с ^{128}Te : $T_{1/2} > 7.3 \cdot 10^{24}$ лет ($\langle g_{ee} \rangle > (3-7) \cdot 10^{-5}$).

ПЛАНИРУЕМЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Существует множество предложений новых экспериментов по поискам 2β -распада. Мы рассмотрим здесь лишь наиболее перспективные, реализация которых уже началась или которые будут выполнены в самое ближайшее время.

Эксперименты с ^{76}Ge . Продолжается эксперимент в Гран Сассо (коллаборация Москва—Гейдельберг). Масса детектора к концу 1994 г. будет доведена примерно до 10 кг, после

чего эксперимент предполагается вести еще в течение нескольких лет. Авторы надеются поднять его чувствительность до 10^{25} лет для $2\beta(0\nu)$ -распада, что соответствует чувствительности к массе майорановского нейтрино на уровне ~ 0.3 эВ. Для распада с испусканием майорона чувствительность будет доведена до $5 \cdot 10^{22}$ лет ($\langle g_{ee} \rangle \sim 10^{-4}$).

Примерно такая же чувствительность будет достигнута и в международном эксперименте IGEX (США — Испания — Россия — Армения), который по своим основным параметрам повторяет эксперимент коллаборации Москва — Гейдельберг и в полном объеме (10 кг ^{76}Ge) будет запущен в 1995—1996 гг. Предполагается, что установка будет размещена в золотосной шахте Хоумстейк в штате Южная Дакота (США).

Эксперимент NEMO. Это трековый эксперимент, в котором, в отличие от экспериментов с ^{76}Ge , регистрируется не только полное энерговыделение, но и остальные параметры процесса: энергия отдельных электронов, угол разлета между ними, координаты событий на плоскости источника и т. д. Основные свойства и характеристики детектора изучаются на прототипе NEMO2, и уже начато создание установок NEMO3.

В центре этого детектора будет помещен источник ^{100}Mo общей площадью примерно 20 м^2 и весом 10 кг.

Основные принципы регистрации те же, что и в детекторе NEMO2: энергия электронов будет измеряться пластическими сцинтилляторами (~2000 отдельных счетчиков), а треки будут восстанавливаться по информации, полученной в плоскостях гейгеровских ячеек (~6000 ячеек), окружающих источник с обеих сторон. Кроме того, с помощью соленоида, окружающего детектор, в регистрирующем объеме будет создано магнитное поле, параллельное оси детектора. Оно будет использоваться для идентификации e^+e^- пар и тем самым для подавления этого источника фона.

Измерения с детектором NEMO2 показали, что трековая информация в совокупности с временными и энергетическими измерениями позволяет эффективно подавлять фон. С помощью данных этих измерений и расчетов было показано, что чувствительность эксперимента NEMO за пять лет составит 10^{25} лет для $2\beta(0\nu)$ -распада ($\langle m_\nu \rangle \sim 0.15-0.35$ эВ), 10^{23} лет для $2\beta(0\nu\chi^0)$ -распада ($\langle g_{ee} \rangle \sim 10^{-5}$) и 10^{22} лет для $2\beta(2\nu)$ -распада ^{100}Mo . Отличительной особенностью установки NEMO3 является то, что она может быть использована для исследования практически всех интересных с точки зрения 2β -распада изотопов — ^{82}Se , ^{116}Cd , ^{150}Nd , ^{96}Zr , ^{130}Te и т. д. Заполнив детектор ксеноном (или, что еще лучше, ^{136}Xe), можно исследовать и этот изотоп. Что касается $2\beta(2\nu)$ -распада, то на установке NEMO3 можно будет регистрировать и изучать этот процесс с хорошей точностью для всех ядер с энергией 2β -перехода, превышающей 2 МэВ. Так, например, при изучении ^{100}Mo будет регистрироваться 800 тыс. событий в год! Кроме того, чувствительности установки достаточно для регистрации $2\beta(2\nu)$ -распада на 0^+ -возбужденное состояние в ^{100}Mo , ^{96}Zr и ^{150}Nd , а также $K\beta^+(2\nu)$ -распада в целом ряде изотопов (^{106}Cd , ^{124}Xe , ^{96}Ru и др.).

Таким образом, установка NEMO3 способна существенно продвинуть наши

знания о всех типах 2β -процессов и стать "фабрикой" $2\beta(2\nu)$ -распада.

2β -переходы на возбужденные состояния дочерних ядер. В настоящее время ведется подготовка экспериментов по регистрации $2\beta(2\nu)$ -распада ^{96}Zr и ^{150}Nd на 0^+ -возбужденное состояние дочерних ядер. В этом случае возбуждение дочернего ядра снимается излучением каскада из двух γ -квантов с точно фиксированной энергией. Поэтому постановка эксперимента в этом случае крайне проста — низкофонный полупроводниковый германиевый детектор окружается исследуемым материалом (например, 1 кг ^{150}Nd или примерно 30 кг естественного неодима) и регистрируются каскадные γ -кванты. В результате в экспериментальном спектре будут наблюдаться два пика с соответствующими энергиями. Такой тип распада уже наблюдался в ^{100}Mo (см. табл. 1). Ожидается, что в ближайшие несколько лет такие переходы будут зарегистрированы в ^{150}Nd и ^{96}Zr .

Совсем недавно была высказана идея эксперимента по регистрации двойного двухнейтринного K-захвата. Это переход $(A, Z) \rightarrow (A, Z-2)$, в котором доступно для регистрации только характеристическое излучение с малой энергией. Именно в силу этого обстоятельства серьезные попытки поиска $2K$ -захвата практически не предпринимались. Недавно было предложено¹⁴ детектировать этот переход на возбужденное 0^+ -состояние дочернего ядра. Возбуждение снимается испусканием двух каскадных γ -квантов с достаточно высокой и точно фиксированной энергией. Поэтому и в этом случае можно использовать описанную выше очень простую схему измерений — низкофонный германиевый детектор, окруженный исследуемым

¹⁴ Барабаш А. С. Как зарегистрировать двухнейтринный двойной K-захват в прямом (счетчиковом) эксперименте // Письма в ЖЭТФ. 1994. Т. 59. Вып. 10. С. 644.

веществом. Чувствительность современных низкофоновых установок позволяет надеяться на регистрацию $2K(2\nu)$ -захвата в целом ряде ядер (^{106}Cd , ^{96}Ru , ^{124}Xe , ^{136}Ce).

ПОДВЕДЕМ ИТОГИ

Итак, в настоящее время $2\beta(2\nu)$ -распад зарегистрирован уже для восьми ядер, и эти эксперименты начинают выходить на качественно новый уровень — когда с высокой точностью измеряют не только период полураспада, но и все остальные параметры процесса. В результате наметился переход к тщательному и всестороннему исследованию $2\beta(2\nu)$ -распада, что дает очень важную информацию о значениях ядерных матричных элементов, параметрах различных теоретических моделей и т. д. В связи с этим в ближайшее время можно ожидать

существенного прогресса в расчетах ядерных матричных элементов и в понимании ядерно-физического аспекта проблемы 2β -распада в целом.

Безнейтринный двойной β -распад в настоящее время не зарегистрирован, а лучшее ограничение на массу майорановского нейтрино составляет 1—2 эВ. В ближайшие несколько лет чувствительность к массе нейтрино в экспериментах с ^{76}Ge и ^{100}Mo будет доведена до 0.15—0.35 эВ. На установке NEMO3 можно будет провести измерения с таким же уровнем чувствительности практически для всех перспективных ядер. Если же $2\beta(0\nu)$ -распад зарегистрирован не будет, то потребуются эксперименты следующего поколения с чувствительностью к массе майорановского нейтрино на уровне 0.01—0.1 эВ, и идеи таких экспериментов уже появляются в научной литературе.

Коротко

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), из 4 млн. человек, ежегодно путешествующих по служебным или личным делам, от 20 до 50 % страдают от диареи из-за микробного загрязнения воды и пищи. Ситуацию усугубляют смена питания, климата, сниженный иммунитет и дорожная усталость.

Отдел охраны продуктов питания при ООН совместно с Отделом по контролю заболеваний, вызывающих диарею, издал новый информационный листок на пяти языках, в котором ука-

заны меры предосторожности и даны другие необходимые советы для путешественников. Специалисты не рекомендуют применять антибиотики (особенно детям) с целью профилактики диареи.

World Health Organisation. Press Release. 1994. № 52 (Швейцария).

15 июня 1994 г. Управление рыболовства США приняло решение вычеркнуть из списка видов, находящихся под угрозой исчез-

новения, калифорнийского кита (*Eschrichtius gray*): общая его численность достигла ныне 21 тыс. особей и уже не уступает той, что была до начала эпохи массового китобойного промысла.

Область миграции калифорнийского кита простирается в восточной части Тихого океана от Берингова моря до п-ова Нижняя Калифорния (Мексика).

Лишь "корейская" популяция этого вида остается пока в списке тех, кому угрожает исчезновение.

Science News. 1994. V. 145. № 26. P. 410 (США).

Части особого назначения — против морской звезды

К. Н. Несис,

доктор биологических наук

Москва

В 1992 г. в Тасмании, близ ее столицы Хобарта, в эстуарии р. Деруэнт появился неожиданный и очень опасный пришелец — амурская обыкновенная морская звезда (*Asterias amurensis*)¹. Попала она туда, несомненно, с балластной водой морских судов. Когда просмотрели коллекции в музее, оказалось, что амурскую звезду поймали близ Хобарта еще в 1986 г. (а значит, появилась она там в начале 1980-х), но, неправильно определив вид, не придали тому значения. В 1992 г. не замечать ее катастрофически быстрого распространения было уже нельзя. К маю 1993 г. амурская звезда расселилась по всей юго-восточной Тасмании на протяжении 200 км, а ее численность достигала 24 экз./м². Если учесть, что длина луча (т. е. радиус) морской звезды может достигать 16 см, практически она покрывала площадь сплошняком, а то и в два слоя! Заметим, что обычная численность амурской звезды не превышает 1—2 экз./м².

Амурская звезда —



Амурская морская звезда.

обитатель умеренно теплых вод северо-западной части Тихого океана. Ее распространение: Южные Курилы, восточный и южный Сахалин, все берега Японского моря, Япония от Хоккайдо до Кюсю, Корея, Северный Китай; отмечена на Аляске и у западных берегов Канады (вероятно, тоже проникла туда незваной и нежеланной). Живет при температуре от 5 до 20 °С, в основном на прибрежных

мелководьях, на севере в глубину идет до 50—60 м, на юге — до 150—200 м. Следовательно, потенциально ей доступно побережье всей южной половины Австралии, от Перта до Сиднея. Пока она еще не преодолела Бассов пролив и не проникла севернее Тасмании, но если учесть, что морская звезда размножается два раза в году, самка мечет за один раз 10—15 млн. яиц, а пелагическая личинка живет в планктоне около 1.5—2 месяцев, ясно, что это только вопрос времени.

© Несис К. Н. Части особого назначения — против морской звезды.

¹ McLoughlin R., Tresher R. Australia's most damaging marine pest? // Search. 1994. V. 25. № 3. P. 69—71; Fish Farming International. 1994. V. 21. № 2. P. 42.

Чем она опасна? Да прожорлива очень. Ест любую неподвижную, мало-подвижную и дохлую добычу, даже особой своего вида — лишь бы мясо. Но больше всего обожает моллюсков: гребешков, устриц, мидий, морских ушек, или абалонов (род *Haliothis*). Словом, то, что очень любят и люди. Прочная раковина не спасает моллюска: морская звезда цепляется за раковину тысячами своих крохотных ножек и начинает ее растягивать. Моллюск сопротивляется, но его мускулы-замыкатели устают раньше, чем ножки морской звезды. Между створками (или между ногой моллюска и грунтом) приоткрывается узкая щель. Этого достаточно. Морская звезда выворачивает наружу свой объемистый желудок, просовывает его в щель — и дело сделано: моллюск переваривается прямо в раковине.

А где легче всего добыть и съесть такую вкусноту, как не в морских хозяйствах по разведению моллюсков? В Тасмании эта отрасль высоко развита и дает хороший доход — 12 млн. австрал. долл. в год. Не случайно, что расселилась амурская звезда именно в тихих бухтах юго-восточного побережья Тасмании, где и расположено большинство морских ферм.

Когда масштаб опасности стал ясен, тасманийские ученые послали делегацию в Россию (на Дальний Восток) и в Японию — узнать, как там борются с прожорливой пятилучевой напастью (кстати, далеко не факт, что ее завезли именно из России: амурская звезда водится у берегов семи стран). Во Владивостоке им мало что полезного подсказали: хоть амурская

звезда и самый опасный вредитель марикультуры моллюсков, у нас изучают главным образом ее физиологию и биохимию, мало уделяя внимания мерам борьбы с ней. Но в Японии кое-какие идеи им предложили.

Однако идеи нужно довести до ума. И вот летом 1993 г. правительство штата Тасмания решило создать части особого назначения для борьбы с морской звездой (National Seastar Task Force). Естественно, это не боевые отряды, а временное объединение сотрудников научных учреждений (как федеральных, так и штатов), природоохранных служб и рыбохозяйственных организаций, созданное и финансируемое штатом — нечто вроде временного научно-технического коллектива. Задача — найти средства борьбы.

Что можно придумать для борьбы с морской звездой? Химия, ясное дело, не подойдет — опаснее для моллюсков, чем для звезд. Собирать вручную или драгами — моллюски золотыми окажутся. Специфических хищников, которые поедали бы только морскую звезду, нет. Лучше всего было бы напустить на них какую-нибудь болезнь или паразита. Австралийцам этот путь представляется самым естественным, они уже приобрели опыт борьбы с такими напастями (хоть и не имеющими планктонной личинки), как кролики, кактус-опунция и водяной гиацинт.

Впрочем, легко сказать: в толстом справочнике по болезням иглокожих²

амурская звезда даже не упоминается. Однако если поискать, что-то найти можно. Например, у атлантических морских звезд рода *Asterias* есть паразитическая инфузория *Orchitophrya stellarum*, которая живет в семенниках самцов и вызывает кастрацию. Есть какие-то вирусные болезни. Можно поэкспериментировать с химическими веществами, которые ускоряют или, напротив, замедляют половое созревание и нерест или блокируют проникновение спермия в яйцо.

Тасманийцы намерены присмотреться к опыту Канады: если действительно амурская звезда была завезена туда, но катастрофы не вызвала, может быть, и в Тасмании все со временем обойдется? Но их пугают истории опасного вселения гребневика мнемиса в Черное море или моллюска дрейссены в Великие озера США и Канады³.

Не исключено, что нашествие морской звезды в Тасмании подтолкнет мировое сообщество к разработке эффективных законодательных мер по контролю за расселением чужеродных морских организмов с балластной водой. Уже сейчас Австралия считается лидером по созданию карантинного барьера на пути нежелательных холоднокровных иммигрантов. Но пока амурская морская звезда продолжает свой разрушительный путь.

³ Виноградов М. Е., Шушкина Э. А. Нашествие чужеродной // Природа. 1993. № 9. С. 3—10; Несис К. Н. Морские суда как «транспортный конвейер» для чужеродных организмов-вселенцев // Природа. 1994. № 7. С. 90—91.

² Jangoux M. Diseases of Echinodermata // Diseases of marine animals. V. 3. Hamburg, 1990. P. 439—567.

Загадочный Котельнич

В. Г. Очев,

доктор геолого-минералогических наук

Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского

ЮЖНЕЕ старого русского города Котельнич по правому берегу р. Вятки тянется почти непрерывная цепь красно-бурых обрывов высотой 30—40 м, обнажающих отложения конца позднепермской эпохи (конец палеозоя). В разрезе земной коры эти отложения образуют верхнетатарский подъярус татарского яруса.

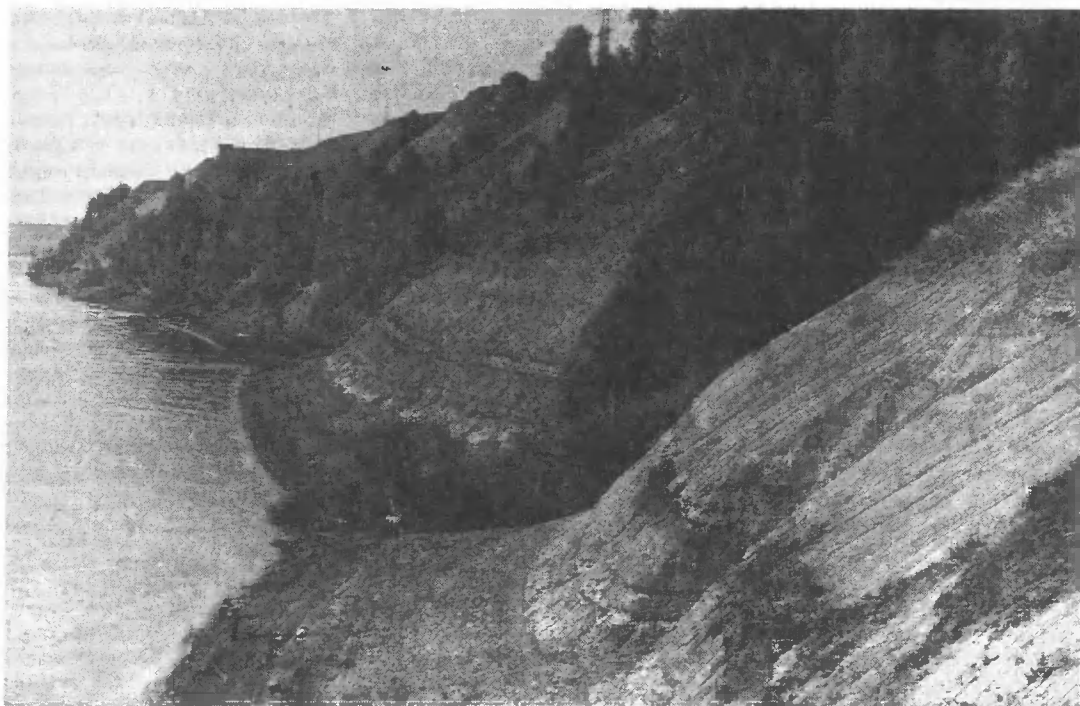
© Очев В. Г. Загадочный Котельнич.

Издали обрывы кажутся монотонными, но при ближайшем рассмотрении видно, что они многослойны. Верхний слой толщиной не менее 10 м сложен коричневыми и буровато-красными песчанистыми глинами, с прослоями зеленовато- и коричневатого-серых неравномерно-зернистых песчаников. Ниже залегают красно-бурые или желтовато-оранжевые мелкозернистые глинистые косослойчатые песчаники толщиной до 15—

18 м. Они образуют огромную 10-километровую "линзу", которая простирается выше по течению реки между деревнями Муха и Волково. За ее пределами верхние коричневые глины налегают непосредственно на породы, слагающие самую нижнюю часть обрывистого берега Вятки и его бечевник (не покрытая рас-

Правый берег р. Вятки — местонахождение Котельнич I.

Фото Д. Л. Сумина



тительностью узкая полоса берега, расположенная между поймой и урезом реки). Эта нижняя часть разреза представляет для нас особый интерес, и мы рассмотрим ее подробнее. Ее слагают красновато-коричневые, сильноалевритистые (содержащие мелкие обломочные зерна кварца, полевого шпата, слюды и др.) плотные скорлуповатые глины с гнездами голубоватого алеврита, которые иногда концентрируются в прослои. Присутствуют прослой конкреционной мергелистой глины, а также тонкослойчатые прослой глины, обогащенной несортированным "мусорным" песчаным материалом. Видимая толщина этих пород — более 10 м. Выше они постепенно переходят в полуметровый прослой голубовато-зеленого алеврита, а затем на протяжении одного метра — в песчаники.

В описанном месте, как и в некоторых других районах востока европейской части России (например, на Северной Двине), были обнаружены богатейшие захоронения древних пресмыкающихся. Еще в конце прошлого века русский геолог П. И. Кротов нашел здесь остатки ящеров. Но изучение местонахождения у Котельнича началось с находки, сделанной в 1933 г. при гидрогеологических изысканиях. Тогда молодой ассистент, а впоследствии профессор Казанского университета С. Г. Каштанов раскопал у деревни Ванюшенки, приблизительно в 18 км ниже по реке от города, два скелета парейазавров¹.

Спустя три года он обнаружил еще два или три уже разрушенных эрозией скелета примерно в 2 км выше по течению².

Материалы, собранные и отправленные Каштановым в Палеонтологический институт Академии наук И. А. Ефремову, не удалось сохранить в достаточном для изучения состоянии³. Однако его находки привлекли внимание палеонтологов. В 1935 г. экспедиция палеонтологической лаборатории МГУ во главе с А. П. Гартман-Вейнберг раскопала два неполных скелета и два черепа парейазавров ниже по реке у деревни Волково. Они были отнесены к новым видам южноафриканских родов *Pareiasuchus vjatkensis* и *Anthodon rossicus*⁴. Ревизовавший недавно эти материалы М. Ф. Ивахненко отнес первого парейазавра к новому роду *Deltavjatia* из семейства брадизаврид, а остатки, по которым был описан второй, — к юной особи того же рода⁵.

Раскопки, проведенные Гартман-Вейнберг, показали, что обнажающиеся ниже Котельнича красно-коричневые глины на значительном протяжении содержат остатки древних пресмыкающихся. Но подлинные масштабы этого местонахождения были выявлены после полевых

исследований ученика Ефремова Б. П. Вьюшкова⁶. В 1948 г. у деревни Боровики, расположенной несколько ниже по течению от деревни Ванюшенки, он обнаружил четыре скелета парейазавров (три из них разрушены эрозией). А в 1949 г. сотрудники Палеонтологического института на участке протяженностью 12 км (от деревни Потраки до пристани Вишкиль) раскопали еще семь хорошо сохранившихся скелетов и шесть разрушенных. Еще два скелета, о которых сообщал в 1950 г. житель деревни Боровики Д. М. Вологжанин (указавший и на многие предыдущие находки), извлечь не удалось.

Ежегодное обрушение берега, вызванное весенними ледоходами, обнажает новые остатки, которых, по мнению Вьюшкова, десятки тысяч. Это местонахождение по количеству остатков парейазавров, видимо, не знает себе равных и было зарегистрировано в каталоге И. А. Ефремова и Б. П. Вьюшкова под названием Котельнич⁷.

Как показывает опыт палеонтологических исследований, чем грандиознее скопление остатков ископаемых организмов, тем сложнее объяснить его происхождение и тем больше возникает различных гипотез. Котельническое местонахождение великолепно это иллюстрирует. Каштанов, полагавший, что все остатки парейазавров лежат в самых верхних слоях нижних глин на границе с песчани-

² Каштанов С. Г. // Уч. зап. Казанского ун-та. Геол. 1936. Т. 96. Вып. 3. С. 146—151.

³ Ефремов И. А. // Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. 1940. Т. 10. Вып. 2. С. 81—83.

⁴ Hartman-Weinberg A. P. // Пробл. палеонтол. 1937. Т. 2—3.

⁵ Ивахненко М. Ф. Новый позднепермский дромозавр (*Amonodontia*) Восточной Европы // Палеонтол. журн. 1994. № 1. С. 77—84.

⁶ Вьюшков Б. П. // Бюл. МОИП. Геол. 1953. Т. 28. № 2. С. 49—56.

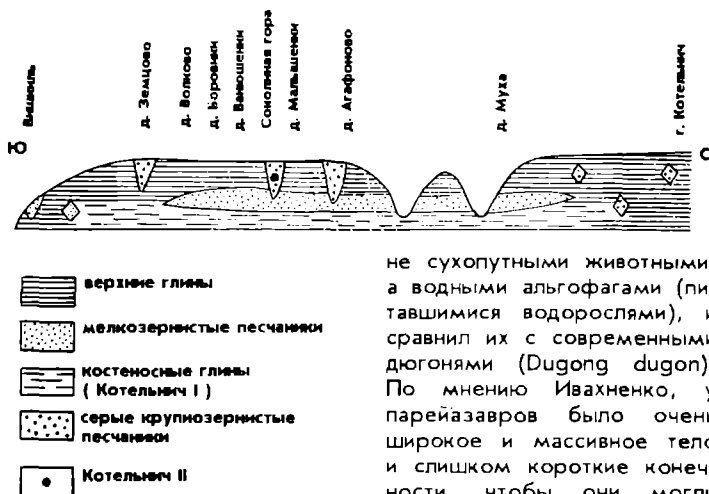
⁷ Ефремов И. А., Вьюшков Б. П. // Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. 1955. Т. 46. С. 1—185.

¹ Каштанов С. Г. К находке пермских рептилий на р. Вятке близ г. Котельнича. // Природа. 1934. № 2. С. 74—75.

ками, пришел к мысли о единовременной массовой гибели животных, происшедшей вследствие смены физико-географических условий. Однако при последующих раскопках скелеты находили на самых различных уровнях костеносного слоя. Одно это позволило Вьюшкову усомниться в гипотезе Каштанова и предложить свою, идея которой принадлежит Гартман-Вейнбергу. По мнению этих ученых, гибель животных в Котельнице не была одновременной и массовой, а происходила индивидуально и случайно.

Наблюдения, сделанные палеонтологами при раскопках, позволили им объяснить причины гибели ящеров в этой местности. Скелеты расположены спиной вверх, во многих случаях конечности животных уходят вертикально вниз (они "как бы стоят в породе") — все это, а также хорошая сохранность остатков (вплоть до кожных окостенений на спине и полного набора мелких костей лап) свидетельствует, что ящеры погибли, увязнув в топком иле. Случаи, когда вниз были опущены конечности лишь одной стороны тела и скелет "завален" на бок, можно объяснить как результат попыток животного освободиться. Трупы ящеров могли длительное время оставаться на поверхности и привлекали падальщиков (рядом с одним из скелетов обнаружен обломок зуба мелкого хищника, возможно, териодонта) — этим объясняется некоторое посмертное смещение скелета в одном из случаев. В двух случаях кости выбелены, видимо, под действием солнца, а это значит, что они долго находились на поверхности земли.

Поскольку у Котельнича находят в основном неболь-



Разрез правого берега р. Вятки на участке город Котельнич — пристань Вышеполье (по Б. П. Вьюшкову).

шие скелеты, Гартман-Вейнберг и Вьюшков пришли к выводу, что здесь гибли, увязая в иле, чаще всего молодые или истощенные особи. Другие представители фауны, видимо, не посещали эту область либо были настолько мелкими, что благополучно избегали увязания в трясине, поэтому их остатки в местонахождении встречаются редко. Эта гипотеза основана на устойчивых представлениях об экологии парейазавров. Ефремов характеризует их как массивных животных с сильно развитой мускулатурой, что позволяло им пробираться сквозь заросли в топких низинах⁸.

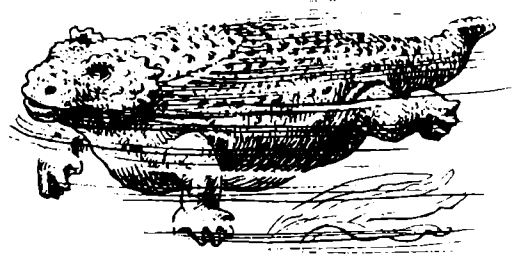
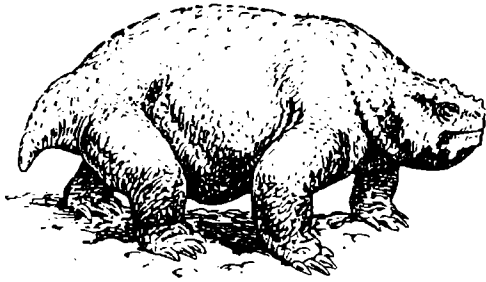
Долгое время такое объяснение устраивало всех. Однако крупный специалист по пермским наземным позвоночным Ивахненко оспорил эти представления, считая, что парейазавры были

не сухопутными животными, а водными альгофагами (питающимися водорослями), и сравнил их с современными дюгонями (*Dugong dugon*). По мнению Ивахненко, у парейазавров было очень широкое и массивное тело и слишком короткие конечности, чтобы они могли передвигаться по суше. На этом основании ученый предположил, что гибель парейазавров связана с периодическим пересыханием озерного водоема, в котором они обитали.

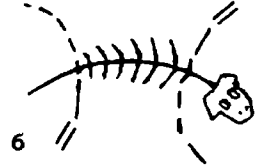
Но на этом дело не кончилось, и сотрудник Палеонтологического института РАН Ю. М. Губин, отвергнув обе гипотезы, предложил третью⁹. Она основана на изучении условий залегания шести обнаруженных им при посещении котельнического местонахождения скелетов. С "гипотезой увязания", по его мнению, не согласуются позы, в которых были обнаружены здесь скелеты животных. Так, у некоторых из них дистальные части направленных вниз конечностей находились на одном уровне, у других лапы были раскинута в стороны, морда опущена, а хвост направлен вертикально вниз. Гипотезу Ивахненко Губин отвергает на том основании, что в костеносных отложениях отсутствуют явные следы (в виде характерных трещин) пересыхания водоема, но вместе

⁸ Ефремов И. А. // Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. 1954. Т. 54.

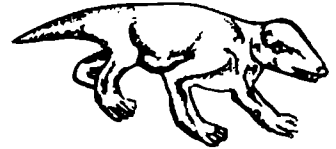
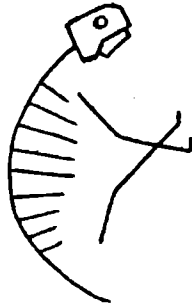
⁹ Губин Ю. М. // Вopr. герпетологии. 1989. С. 70—71.



Парейзавр. Различные представления об образе жизни этих ящеров: слева — традиционное (рис. К. К. Флерова), справа — по новой гипотезе М. Ф. Ивахненко (рис. В. Д. Калганова).



Схемы поз, в которых залегли скелеты в местонахождении Котельнич I (а — вид сбоку, остальные — вид сверху): парейзавров (а, б, в), драмозавра (г), териодонта (д).



с тем согласен с предположением, что парейзавры были водными животными и обитали в относительно глубоком бассейне, дно которого было покрыто толстым слоем ила. После смерти трупы опускались на дно спиной вверх. Под действием большего веса туши увязали в придонных, более плотных слоях ила и не могли в дальнейшем всплывать под влиянием выделявшихся при разложении в полости их тела газов. В противном случае они бы перезахоронились в прибрежном мелководье брюхом вверх.

Совсем иную палеогеографическую картину формирования костеносных глин у Котельнича недавно пред-

ложил В. П. Твердохлебов (Научно-исследовательский институт геологии Саратовского университета)¹⁰. Не решая вопроса о наиболее вероятном механизме образования этого местонахождения, он лишь стремится увязать обстановку того времени с последующей, когда шло накопление перекрывающих костеносные глины косослоистых песков. Эти пески, которые обычно принимают за озерные или

¹⁰ Твердохлебов В. П., Шминке Л. Н. // Докл. АН СССР. 1990. Т. 315. № 4. С. 934—936; Вьюшков Б. П. // Бюл. МОИП. Геол. 1953. Т. 28. № 2. С. 49—56.

Териодонт

речные¹¹, автор считает зловыми, навеянными, а содержащие остатки парейзавров глины — отложениями временных водоемов, бессточных впадин, такыров. В этих отложениях на различных уровнях видны иллювиальные горизонты аридных болотистых почв и подпочв, выраженные в осветленно-

¹¹ Игнатъев В. И. Татарский ярус центральных и восточных областей Русской платформы. Казань, 1963.

ти и пятнистости окраски, обилии глинисто-карбонатных стяжений и журавчиков.

Таким образом, палеогеографическая обстановка у Котельнича рисуется разными авторами по-разному: то как глубокий озерный бассейн, то как заболоченная равнина, то как временные водоемы в бессточной впадине. Парейазавров рассматривают или как сухопутных, или как исключительно водных, дюгонеподобных животных. Было бы неверно предполагать, что значение всех этих разногласий исчерпывается вопросом о генезисе лишь этого, пусть грандиозного, но одного местонахождения. От трактовки условий образования нескольких подобных местонахождений из земных слоев какого-либо возраста (в данном случае из верхнетатарских отложений Приуралья) во многом зависят выводы о палеогеографии, палеоклимате во всем этом огромном регионе. Так что же было в прошлом в районе верхней Вятки?

Систематические раскопки у Котельнича не велись до тех пор, пока в 1990 г. это местонахождение не привлекло внимание палеонтологов из кооператива "Каменный цветок" (Д. Л. Сумина, С. И. Гетманова, А. Ю. Хлюпина и др.). В результате их трехлетней (1990—1992 гг.) работы о таинственном Котельниче удалось узнать много нового, и к 32 находкам парейазавров, обнаруженным предыдущими исследователями, добавилось еще 40. Большая их часть была обнаружена у деревни Боровики и отчасти у деревни Муха. Очень важно было проверить, как распределяются скелеты по разрезу костеносного слоя, приурочены ли они к каким-

то строго определенным уровням или, наоборот, встречаются хаотически. Учет большого нового материала подтвердил, что хотя находки рассеяны по всей толще вмещающих их глин, большинство скелетов сосредоточено на уровнях, расположенных в 3 и 4 м ниже перекрывающих костеносные отложения песков. Помимо многочисленных отдельных скелетов различной степени сохранности, у Котельнича был найден и ряд скоплений разрозненных костей многих особей, среди которых иногда совместно присутствуют как относительно крупные остатки парейазавров, так и более мелкие — терапсид. Возможно, что некоторые из таких скоплений, залегающие в тонкослойной породе, образовались в результате перемещения костей потоками.

К сожалению, не все новые находки были подвергнуты тщательному анализу, однако установлено, что в 23 случаях парейазавры сохранились в виде полностью сочлененных скелетных остатков, а в девяти случаях — в виде скоплений разрозненных костей, каждое из которых принадлежит одной особи. Между целыми скелетами и подобными скоплениями существует гамма переходных состояний. Хотя большая часть скелетов сохранилась неплохо, частичные повреждения есть даже у них: у некоторых отсутствовали одна или обе кисти, стопы, конечности, передняя часть черепа или нижняя челюсть и т. д. Судя по всему, трупы животных здесь оказывались в различных условиях: одни еще целыми быстро погребались под осадком, другие же, оставаясь некоторое время на поверхности земли, успевали разложиться,

при этом их скелеты рассыпались. Иногда по характеру повреждений становится ясно, что в разрушении тел парейазавров принимали участие падальщики.

К сожалению, позы обнаруженных скелетов были подробно описаны лишь в 14 случаях, но и это принесло много интересного. Выяснилось, например, что восемь скелетов были захоронены спиной вверх (у одного из них конечности направлены вниз, у двух — раскинуты в стороны), а четыре — лежали на боку. У многих скелетов был дугообразно изогнут позвоночник — именно эта особенность была принята в свое время Гартман-Вейнберг за "позу плавания", но подобные изгибы тела характерны и для пресмыкающихся, передвигающихся по суше. Среди находок не было ни одного трупа вверх брюхом, что свидетельствовало бы о сплавлении, — все звери были захоронены на месте смерти.

Однако самым крупным успехом палеонтологов можно считать открытие в местонахождении Котельнич многочисленных скелетов разнообразных терапсид, от которых Вьюшков в свое время нашел лишь обломок зуба. Всего зарегистрировано 42 скелета терапсид и скоплений их костей, что составляет около 37 % от общего числа находок пресмыкающихся в этом местонахождении. Однако реальное количество остатков этих небольших животных, которых труднее найти и которые быстрее разрушаются, было, несомненно, значительнее. По заключению Ивахненко (личное сообщение), здесь присутствует ранее неизвестный род дромозавров (мелких растительноядных животных), названный им в честь Д. Л.



Скелет парейзавра из Котельнича I (музей факультета зоологии Кембриджского университета, Великобритания).

Фото М. А. Шишкина.

Сумина сумминией. Кроме того, ученые обнаружили четыре рода сухопутных хищников — териодонтов (зверозубых) мелких и средних размеров. По крайней мере два из обнаруженных скелетов (сумминии и териодонта) оказались почти целыми. Сумминию смерть застала в прижизненном положении — спиной вверх с петлеобразным изгибом тела. Териодонт умер, упав на бок и застыв с выпрямленным позвоночником, вытянутыми ногами, закинутым хвостом и слегка опущенной головой. Эти позы достаточно определенно свидетельствуют о захоронении на месте смерти.

Суммируя все накопленные факты, попытаемся теперь оценить различные точки зрения о генезисе этого гигантского "кладбища". Пожалуй, наименее вероятно, что захоронение парейзазавров у Котельнича происходило в достаточно глубоком бассейне. Во-первых, этому противоречат

особенности вмещающих скелеты отложений, отмеченные Твердохлебовым, и, кроме того, упоминавшаяся еще Выюшковым выбеленность некоторых скелетов говорит о том, что трупы длительное время находились на суше. Во-вторых, вряд ли отсутствие захороненных брюхом вверх спавленных трупов может быть объяснено тем, что мертвые туши, опустившись на дно, застревали там под действием тяжести тела в вязком иле. Они были не столь крупны и не столь тяжелы, особенно в водной среде (тем более это относится к недавно открытым терапсидам). В глинистых отложениях перми и триаса Приуралья немало случаев захоронения всплывавших трупов и более крупных животных. Не всплывали котельнические парейзазавры, очевидно, потому, что погибали или на суше, или в не позволявшем всплыть мелководье. В-третьих, скелеты парейзазавров далеко не всегда полностью сохранились. Такие повреждения могли быть связаны с деятельностью наземных хищников или падальщиков, о чем предполагал уже Выюшков и теперь в полной

мере это подтверждено находками здесь териодонтов.

Представления о захоронении парейзазавров у Котельнича в крайнем мелководье или на сухой поверхности как будто не противоречат гипотезе о гибели их в периодическом пересыхающем бассейне. Не препятствуют явно ее признанию и позы скелетов, и вероятность повреждения еще не погребенных трупов наземными хищниками в течение сухого периода. Однако против этой гипотезы свидетельствуют другие доводы. Дело здесь не только в уже упоминавшемся отсутствии следов поверхностей усыхания, которые с наступлением следующего периода увлажнения и дождей могли разрушаться. Пересыхание целого бассейна могло приводить к массовой гибели водных животных. В данном случае мы имели бы дело с дискретными событиями, записанными в разрезе вмещающих отложений в виде ряда урвоней, обогащенных скелетами. Однако кости животных рассредоточены на самых различных уровнях, что, скорее, соответствует нерегулярному погребению погибавших от различных причин особей. Наконец, трудно себе представить, чтобы при регулярном полном пересыхании достаточно крупных озерных бассейнов популяция водных животных могла бы полностью возобновляться.

Хотя Твердохлебов и не стал решать вопрос о механизме возникновения котельнического кладбища, его гипотеза образования костеносных глин в условиях временных водоемов, бессточных впадин, такыров не позволяет считать парейзазавров водными дюгонеподобными алгофагами. Видимо, здесь действительно

не было настоящих водоемов, населенных рыбами и земноводными. Однако ни один из авторов не может достаточно убедительно объяснить, как возникла среди глин линза песков, — очевидно, для этого необходимы дополнительные исследования.

Судя по всему, наиболее близка к истине старая точка зрения Гартман-Вейнберг и Выюшкова. Представления о часто затопляемой заболоченной низине наиболее согласуются и со следами субазальной обстановки в породах и на костях, и со случайным распределением в разрезе скелетов, и с вероятной экологией парейазавров, которые, судя по характеру захоронения, были наземными или, по крайней мере, амфибиотическими животными. Вполне реальным выглядит объяснение Выюшковым причин отсутствия остатков растений и рыб: разливы, приводившие к частым в течение года затоплениям территории, препятствовали пышному развитию растительности и обусловили отсутствие слоистости. Заметим, что мягкая водная растительность, служившая пищей парейазаврам, могла просто не сохраниться. Рыбы, которые могли попадать сюда лишь в периоды разливов, после пересыхания водоемов оставались на поверхности, пожирались или бесследно сгнивали.

Эту вполне реальную старую гипотезу необходимо лишь несколько модернизировать. По представлениям Выюшкова, в захоронении преобладают как бы стоящие в породе скелеты увязших в трясине животных. В настоящее время ясно, что позы их гораздо более многообразны, что свидетельствует о естественной гибели животных по-

стоянно живущей здесь многочисленной популяции, а не о массовой гибели парейазавров во время пересечения топкой равнины, служившей ловушкой для молодых и слабых особей. Случаи увязания отдельных особей в трясине вполне вероятны, однако происхождение как бы стоящих в породе скелетов можно объяснить иначе. Это могут быть погибшие в силу каких-либо причин, зарывшиеся в ил в период спячки в сухой сезон животные, подобно современным крокодилам в Индии.

Существовавшие представления о присутствии в котельничском местонахождении в основном молодых особей парейазавров действительно навело на мысль о какой-то выборочной гибели. Однако такие представления возникли в результате сравнения относительно небольших котельничских рептилий с другой известной нам верхнепермской фауной, открытой еще в конце прошлого века палеонтологом В. П. Амалицким на Северной Двине. Характерными представителями этой фауны были крупные виды скутозавров, образно называемые ящерами-тиграми териодонты иностранцевии, а также другие не столь крупные животные. Но необходимо учитывать, что северодвинская фауна геологически более поздняя, чем котельничская. Это очевидно уже потому, что остатки некоторых северодвинских представителей (лабинтодонт *Dwinosaurus* и териодонт *Proburnetia*) обнаружены у Котельнича выше по разрезу, чем описанный нами костеносный слой. Они найдены в одной из песчаных линз, врезанных в верхние глины и залегающие под ними косослоистые

песчаники. Эта линза расположена выше деревни Боровики у урочища Соколиная гора. Это местонахождение обычно называют Котельнич II. И сама котельничская ассоциация рептилий, по заключению Ивахненко, выглядит более древней. В ней не могло еще быть столь крупных парейазавров и териодонтов. Захороненные здесь рептилии, скорее всего, составляли сообщество, населявшее эту своеобразную местность.

Последний вывод позволяет понять, что ценность котельничского местонахождения — не только в его огромных масштабах, но и в том, что наземные животные захоронены здесь непосредственно на поверхности обитания. Для дочетвертичных эпох это — крайне редкое явление. Как правило, для наземной поверхности характерно не интенсивное накопление осадков, ее погребаящих, а, наоборот, преобладание размыва и сноса продуктов разрушения в соседние водоемы (реки, озера и т. п.). Остатки же сухопутных животных или полностью разрушаются, или также сносятся в водоемы, в осадках которых их обычно находят. Удивительное же местонахождение Котельнич I образовалось в на редкость сбалансированных условиях: сочетании предельной мелководности, позволявшей существовать наземным животным, и достаточных темпов осадконакопления для захоронения на месте их жизни и смерти. Это дает основания предполагать, что захороненные здесь рептилии весьма полно отражают состав их живого сообщества, что открывает редкие возможности для анализа структуры последнего.

Разгадайте НЛО

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".

РАЗГОВОРЫ об НЛО не прекращаются, но со временем приобретают все более узкую специализацию: одних НЛО интересуют как вестники иных измерений, скорее духовных, чем материальных; другие готовятся к посадке НЛО на их приусадебном участке и с нетерпением ждут встречи с пришельцами; а третьи — именно к ним мы и обращаем свой рассказ, — хотят узнать, что же это в конце концов такое и какие природные или технические явления устраивают время от времени этот праздник для любознательных.

АЭРОСТАТЫ, САМОЛЕТЫ И НЛО

Расскажу сначала одну старую историю.

В 1968 г. я жил в Волгограде и учился в 9 классе. В то время я уже серьезно увлекался астрономией и имел хорошую 40-кратную зрительную трубу. Солнечным весенним днем, выйдя из школы, я увидел потрясающее зрелище: сотни людей стояли на улице с поднятыми головами и возбужденно обсуждали появление "летающей тарелки". Действительно, прямо над городом на фоне голубого неба был виден необычный предмет серебристого цвета, по форме напоминавший вытянутую дыню. Он медленно плыл с запада на восток, хотя ветер, насколько помню, был южный. Никаких деталей у предмета рассмотреть не удалось: его угловой размер был раза в три-четыре меньше лунного диска, т.е. около 10 минут дуги. Одним словом, типичное "летающее блюдце".

Я поспешил домой, где с помощью своей зрительной трубы внимательно рассмотрел НЛО. С первого же взгляда стало ясно, что это аэростат: достаточно четко были видны детали оболочки, свисающие веревки. Много лет спустя я узнал, что в 130 км к северу от Саратова, недалеко от города Вольска существует специальный полигон, откуда запускают

крупные аэростаты для исследования атмосферы, Солнца и поверхности Земли. Иногда эти аэростаты улетают на тысячи километров от места запуска.

Нужно заметить, что запуск аэростатов — это очень распространенный метод исследования верхних слоев атмосферы и астрономических объектов. Запускают их во многих странах, а ветер может перенести аэростат практически в любую точку Земли. Например, в 1970 г. был зафиксирован рекорд продолжительности полета аэростата: находясь в воздухе более четырех лет, аппарат совершил более ста кругосветных путешествий на высоте почти 35 км. Аэростаты имеют различный диаметр (от 3–4 до 100 м) и разную форму: например, во Франции часто запускают простые в изготовлении аэростаты, оболочка которых имеет форму тетраэдра. Иногда используются цилиндрические оболочки или связки из нескольких десятков небольших шаров. Появление в воздухе подобного сооружения может вызвать самую неожиданную реакцию у неподготовленных зрителей.

В последние годы частота запуска высотных аэростатов резко увеличилась: кроме традиционных метеорологических задач на них сейчас возложено наблюдение за озоновым слоем. Поскольку озоносфера расположена на больших высотах, для подъема аппаратуры используются необычайно крупные баллоны. Например, 4 июня 1990 г. американские ученые запустили шар диаметром 110 м на высоту около 40 км для исследования озона над штатом Нью-Мексико. Для наземного наблюдателя этот шар имел отчетливо различимую форму, поскольку его угловой размер был около 8 минут дуги (примерно четверть лунного диаметра).

А с середины ноября 1991 г. до конца марта 1992 г. ученые европейских стран, в том числе и России, активно изучали озоновый слой над Арктикой. Кроме наземных станций, спутников и самолетов для наблюдений использовалось большое количество аэростатов. Регулярно, по два-три раза в неделю, с каждой из 20 наземных высокоширотных станций выпускались баллоны со специальными приборами для измерения высотного распределения озона в атмосфере. Кроме



Светящиеся "ночные шары", сфотографированные любителем астрономии И. Варламовым из г. Тольятти 17 августа 1988 г. (вверху) и 5 апреля 1990 г. (внизу). Они наблюдались в эти ночи на большей территории юга России. Свидетельства разных очевидцев позволяли надежно установить, что шары возникали на высоте около 200 км над территорией полигона Капустин Яр. Причиной их появления, вероятно, были активные эксперименты в верхних слоях атмосферы с помощью геофизических ракет. (Подробнее см.: Сурд и В. Г. Загадка "ночных шаров" // Земля и Вселенная. 1992. № 4.)

этого, над территорией Швеции, Финляндии и России более 20 продолжительных полетов осуществили большие аэростаты с аппаратурой для измерения химического состава стратосферы.

Особенно эффектно видны аэростаты в сумерки, ярко освещенные солнцем на фоне потемневшего неба.

А вот еще совсем простая история, в которой тоже замешан воздушный шар. Вероятно, она покажется вам тривиальной, но на меня она произвела сильное впечатление. Я с детства интересуюсь небесными явлениями. А став профессиональным астрономом, прочитав о всевозможных атмосферных и космических "чудесах" и увидев многие из них, я стал считать, что в этих делах уже "съел собаку". И вдруг ...

Прошлым летом мы с дочкой под вечер возвращались домой. Шли пешком через наш микрорайон, уставленный однотипными высотными домами, как вдруг боковым зрением я отметил в воздухе что-то необычное. Поднял голову и в просвете между домами на фоне чистого темно-голубого неба увидел маленький перламутровый шар. Он бесшумно двигался почти горизонтально и имел размер в половину лунного диска. Края шара светились ярче, чем середина, и по



Рекламный приязной аэростат над Москвой. В августе 1991 г. он оторвался и, поднявшись, нарисовал над территорией Московской области.



Наполненный гелием воздушный шар диаметром 110 м, сфотографированный на высоте 40 км (!) над штатом Нью-Мексико (США). Для невооруженного глаза он казался в четверть диска Луны. Американские ученые запустили этот аэростат 4 июля 1990 г. для исследования озонового слоя Земли. Аппаратура работала в течение 27 ч., затем была сброшена на парашюте. Судьба самого аэростата неизвестна.

Очень часто Венера становится причиной сообщений об НЛО. В отличие от прочих светил, она прекрасно видна на городском небе сразу после захода Солнца.

Мелькающая в разрыве облаков Луна оставляет впечатление яркого быстро летящего объекта.



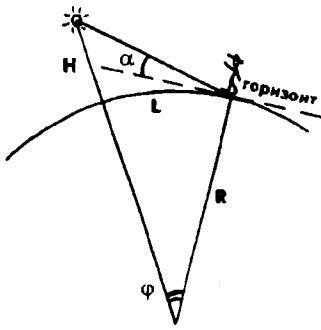


Схема наблюдения объекта над горизонтом (с л е в а) и зависимость его углового расстояния α над горизонтом от высоты H объекта над поверхностью Земли (с п р а в а).

Увидев вертикально взлетающий объект на угловой высоте α над горизонтом и зная расстояние L до места запуска, можно определить высоту H , на которую поднялся объект над землей. Для этого нужно использовать формулу

$$H = R \left(\frac{\cos \alpha}{\cos(\varphi + \alpha)} - 1 \right),$$

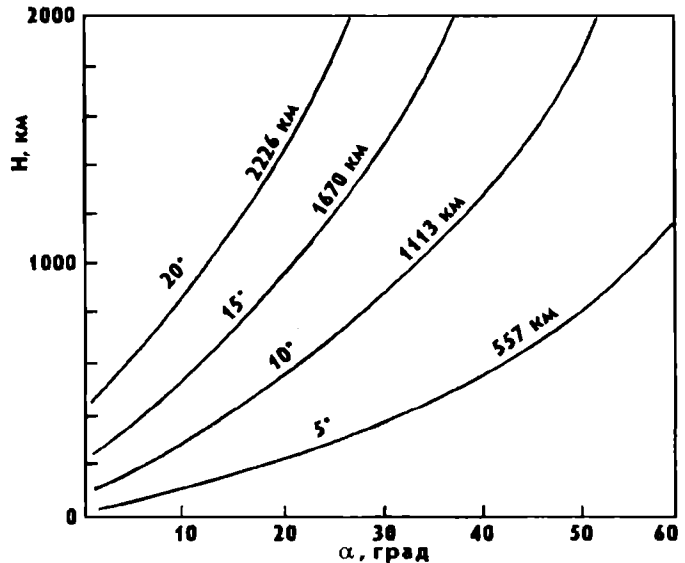
где $R = 6371$ км — радиус Земли, а $\varphi = 57,3^\circ \cdot L/R$ — геоцентрический угол между точкой запуска и наблюдателем. С хорошей точностью это можно сделать и по диаграмме, где зависимость между H и α рассчитана для нескольких значений L и φ (даны у соответствующих кривых).

его поверхности пробегали какие-то волны с голубоватым отливом.

Меня как будто бы пронзил разряд: я ощутил сразу и испуг, и восхищение. Мой жизненный опыт не подсказывал ничего: ни природу шара, ни его истинный размер, ни расстояние до него, ни степень опасности (рядом со мной была дочь). Я растерялся: передо мною было неведомое.

Секунды через две-три я опомнился и повернулся к дочке: "Аська, смотри!" Но когда мы подняли головы, шара уже не было, он исчез. Еще пара секунд на раздумье — и мы бросились в проход между домами, в ту сторону, где я видел шар. Выбежали на открытое место. Небо было чистое и никаких признаков шара.

Немного расстроенные, мы повернули назад и... вновь в просвете между



домами что-то блеснуло. По небу опять пелет шар, а за ним второй, поменьше. Проследив направление полета, мы увидели целую "эскадрилью" разноцветных шаров, улетающих с балкона 10-го этажа: там двое мальчишек пускали мыльные пузыри.

Мы с дочкой рассмеялись и, полюбовавшись еще немного шарами, отправились домой. Но теперь, вспоминая тот случай, я думаю: а если бы у меня не было тогда возможности обежать дом и самому увидеть причину "загадочного явления"? Ну, скажем, если бы я проезжал мимо в автомобиле, или сидел на балконе соседнего дома, или просто нес бы в руках тяжелые сумки, с которыми не побегаешь. Какое бы впечатление оставил меня этот случай, и что бы я тогда рассказывал своим друзьям об увиденном?

А теперь вернемся к технике.

Чем выше поднят летательный аппарат или прибор, тем большее число случайных наблюдателей может его заметить. До второй мировой войны лишь единичные аппараты поднимались на высоты более 10 км. Как правило, это были рекордные полеты стратостатов, о каждом из которых сообщали газеты и радио. Недоразумений быть не могло.

В 1942–1945 гг. были созданы высотные самолеты и ракеты. После войны с их помощью началось интенсивное исследование стратосферы и ближнего космоса. Прежде всего эти работы раз-

вернулись в США. Вспомним в связи с этим, где и когда появились первые сообщения об НЛО? Как известно, это было в США в 1947 г.

Что же могло привлечь в те годы внимание случайных очевидцев? В конце 40-х и в 50-е годы высотная техника и эксперименты с ней были весьма разнообразны. Естественный отбор еще не выявил оптимальных решений, испытывалось много новых идей.

Группа Сигнального корпуса США при Мичиганском университете определяла плотность воздуха на больших высотах, наблюдая падение нейлоновых шаров, сброшенных геофизической ракетой и наполненных сжатым газом. Шары имели диаметр 1.22 м и весили от 9 до 23 кг. Измерив скорость падения шара, нетрудно определить его лобовое сопротивление, а по нему — плотность воздуха. Особую ценность эти эксперименты имели потому, что давали сведения с высот, на которые не поднимаются аэростаты: от 45 до 70 км. В сумерки с расстояния в 150–200 км такой шар прекрасно виден.

Температуру воздуха в стратосфере в те годы измеряли косвенно — по скорости распространения в ней звука. В одной из серий подобных опытов, предпринятой по инициативе инженерных лабораторий Сигнального корпуса США, с высотных ракет сбрасывалось некоторое количество гранат, содержащих заряд в 1.8 кг специального взрывчатого вещества с ярким свечением. Эти гранаты взрывались через заранее установленные интервалы времени на высотах от 30 до 80 км. Кинокамеры на земле регистрировали вспышки света, а микрофоны фиксировали звуковые импульсы. Сопоставляя эти данные, ученые определяли скорость звука и вычисляли по ней температуру воздуха.

Любопытно было бы узнать, что думали по поводу этих вспышек случайные очевидцы? Кстати, звук от взрывов достигал земли лишь минут через пять после вспышки (а иногда и не достигал вообще). Так что для постороннего наблюдателя связь между этими двумя явлениями была далеко не очевидной.

Если говорить о классических "тарелочках", то нужно заметить, что в исто-

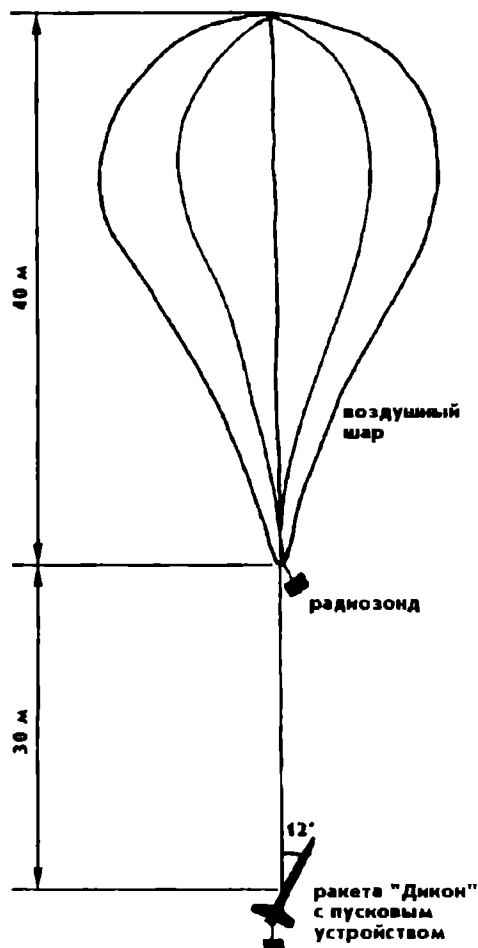


Схема запуска ракеты, поднятой на воздушном шаре.

Впечатляющее зрелище в середине 50-х годов представляли запуски геофизических ракет "Дикон" по системе "Рокун". Поднятая с помощью баллона на высоту 20–25 км, ракета стартовала оттуда по команде с Земли.

рии авиации было немало экспериментальных планеров и самолетов дискообразной формы, так и не пошедших в серийное производство. Были также проекты "тарелкообразных" дирижаблей, использующих в движении аэродинамическую подъемную силу. Модели и опытные образцы таких аппаратов испытывались и, разумеется, вызывали замешательство случайных очевидцев.



Безаэродромный летательный аппарат (летающая тарелка), созданный на Саратовском авиазаводе.

В связи с новыми принципами перемещения в воздухе любопытен разработанный французским физиком Ж.-К.Пети летательный аппарат с МГД-тягой. Ионизованный газ движется по поверхности аппарата, а потому хорошо виден и создает яркие оптические явления, особенно ночью. Поскольку у аппарата нет движущихся частей, он относительно бесшумен. Его оптимальная форма также близка к "летающей тарелке".

Впрочем, зачем вспоминать французов, когда на родной земле создаются не менее интересные аппараты. В июле 1993 г. газета "Поиск" рассказала о работах над принципиально новым летательным аппаратом в цехах Саратовского авиационного завода. Подъемную силу этому аппарату в основном обеспечивает форма его корпуса (принцип летающего крыла). Главная его особенность — это способность взлетать и садиться с помощью воздушной подушки. Поэтому аэродромом ему может служить любая поверхность, в том числе и водная. Но самое поразительное — форма аппарата: его фюзеляж — это чистой воды классическая летающая тарелка!

СПУТНИКИ И НЛО

Искусственные спутники Земли (ИСЗ) уже давно стали привычными объектами на нашем ночном небе. Вечером или под утро, а в летние месяцы даже и в

полночь, стоит три-четыре минуты поводить глазами по небу, как непременно увидишь "летающую звездочку". Только не путайте его с "падающей звездой" — метеором, который также может появиться на небе, пока вы ожидаете спутника. Английский геофизик Д.Кинг-Хили заметил как-то, что "обычно метеор пронесется по небу с такой большой скоростью, что глаз едва успевает следить за ним, а искусственный спутник перемещается по небу гораздо медленнее и похож на звезду, которая сошла с ума и решила побродить по небу"¹. Обычно спутник за несколько минут пересекает небосвод, часто заметно меняя при этом свою яркость: вспыхивает, мерцает или быстро тускнеет и больше уже не появляется (это происходит, когда он попадает в тень Земли).

Яркость спутников, как и звезд, выражают в звездных величинах. Напомним, что яркая Вега имеет нулевую звездную величину (0^m), звезды в ручке "ковша" Большой Медведицы — 2^m, а наш глаз в хороших условиях различает звезды до 6^m. Некоторые планеты и звезды ярче Веги, поэтому их блеск выражают в отрицательных звездных величинах. Например, блеск Сириуса равен -1.5^m, блеск Юпитера иногда достигает -2.5^m, а блеск Венеры -4.7^m.

Первое искусственное светило появилось на земном небосводе в октябре 1957 г. Многие еще помнят его знамени-

¹ Кинг-Хили Д. Наблюдая спутники Земли... М., 1968.

тый радиосигнал "бип-бип". Немало было в те годы и очевидцев, утверждавших, что они видели полет первого спутника. Однако это не совсем так. Сам первый спутник был сравнительно небольшого размера и поэтому не очень яркое. Практически его нельзя было наблюдать невооруженным глазом: на расстоянии 320 км он имел блеск 6^m , и лишь незадолго до падения, на высоте 160 км, его блеск увеличился до 4.5^m . В то же время, последняя ступень ракеты-носителя, доставившей этот спутник на орбиту, была велика и довольно ярка (1^m-2^m , т.е. немного ярче, чем звезды "ковша" Большой Медведицы). Именно ее и наблюдали очевидцы как первую "искусственную планету" или "рукотворную звезду".

Блеск современных ИСЗ, как правило, составляет 4^m-5^m , т.е. он не превышает блеска самых слабых звезд, видимых на городском небе. Однако во второй половине 60-х годов на небосводе нередко можно было видеть "короля спутников", сиявшего необычайно ярко. Это был американский ИСЗ "Эхо", блеск которого достигал -1^m . Он сиял так же ярко, как Сириус или Юпитер. Этот необычный спутник часто вызывал недоумение у свидетелей, наблюдавших за его полетом, поэтому следует познакомиться с ним поближе.

Спутники-баллоны. С первых лет космической эры для исследования верхних слоев атмосферы использовались спутники-баллоны. Перед запуском они были компактно упакованы, а после выхода на орбиту надувались, превращаясь в сферу диаметром 2–4 м. За счет большого сечения и малой массы такие баллоны заметно тормозятся разреженной атмосферой Земли и быстро меняют параметры своей орбиты, а проще говоря, падают. Эволюция орбиты такого спутника позволяет определить плотность воздуха на высотах 300–1500 км.

Но спутник-баллон может выполнять еще одну функцию: если его поверхность отражает радиоволны, то он становится достаточно эффективным ретранслятором теле- и радиопередач, например, для межконтинентальной радиосвязи. И естественно, чем больше размер такого "радиозеркала", тем оно бу-

дет эффективнее. В отличие от активных спутников-ретрансляторов, на борту у которых есть приемно-передающие антенны и усилители сигналов, спутники-баллоны называют пассивными ретрансляторами. Самыми известными пассивными спутниками связи были американские ИСЗ "Эхо". Это были надувные сферы из тонкой майларовой пленки с напыленным на нее снаружи слоем алюминия. Как известно, алюминий прекрасно отражает не только радиоволны, но и свет, поэтому "Эхо" являлись идеальными зеркалами и для оптического излучения.

"Эхо-1" был запущен 12 августа 1960 г. и имел диаметр 30 м, а "Эхо-2", запущенный 25 января 1964 г., был еще больше — 41 м в диаметре. Оба спутника первоначально двигались по почти круговым орбитам на высотах от 1100 до 1400 км. Но орбита "Эхо-1" имела наклонение к экватору 47° , поэтому на широте Москвы этот спутник не часто поднимался высоко над горизонтом, а севернее Москвы его вообще было редко видно. Зато орбита "Эхо-2" была наклонена к экватору на 81° , так что спутник мог прекрасно наблюдаться во всех населенных уголках планеты.

При близких прохождениях блеск "Эхо-1" достигал 0^m и даже -1^m , а у "Эхо-2" сразу после заполнения оболочки газом яркость достигала -1.5^m . Но уже на втором витке "Эхо-2", вероятно, столкнулся с последней ступенью своей же ракеты-носителя, был пробит, потерял сферическую форму и снизил свою видимую яркость до 0^m .

Мигающие спутники. Если спутник-баллон в полете обладает постоянным блеском, то многие спутники более сложной формы демонстрируют вспышки яркости. Связано это с тем, что для сохранения пространственной ориентации некоторые спутники в момент их отделения от носителя закручивают вокруг своей оси. Естественно, что такой угловатый волчок, освещенный солнцем, выглядит то ярче, то бледнее. Если же какая-нибудь грань спутника (например, панель солнечной батареи) зеркально отразит солнечный луч в нашу сторону, то этот солнечный зайчик вызовет кратковременную яркую вспышку, которая может

быть отлично видна даже в том случае, если постоянный блеск спутника вы не замечали.

Яркость такого солнечного зайчика может быть весьма значительна. Например, зеркальная грань спутника площадью в 1 м^2 с расстояния в 500 км "пускает зайчика" яркостью в -6.5^m . Это в несколько раз ярче Венеры! Такую вспышку можно увидеть даже сквозь легкий слой облаков, когда звездного неба вообще не видно.

Продолжительность вспышки зависит от угловой скорости вращения спутника. Если спутник закручен и совершает 1 оборот за 10 с, мы будем видеть солнечный зайчик лишь 0.007 с, т.е. мгновение. Если же спутник постоянно ориентирован одной стороной к поверхности Земли (так движутся метеорологические, разведывательные и некоторые другие спутники), то он совершает один оборот вокруг оси за период орбитального вращения, т.е. примерно за 1.5 ч. В этом случае мы будем видеть вспышку около 4 с. Этого уже вполне достаточно, чтобы удивиться и закричать своим попутчикам: "Смотрите! НЛО!"

Не только спутники могут пускать из космоса солнечных зайчиков: на это способны и последние ступени их ракет-носителей. Часто после отделения спутника ступень начинает беспорядочно кувыряться, и мы видим то ее длинную сторону, то узкий торец. Например, последняя ступень носителя спутников серии "Космос" быстро движется по низкой орбите, проносясь по небу и пересекая его меньше, чем за 2 мин, и при этом ярко вспыхивает с интервалом в несколько секунд. В момент вспышки такие объекты хорошо видны глазом, а в промежутках между вспышками часто не видны даже в бинокль. Вспомним в связи с этим, как эффектно выглядела ракета-носитель третьего советского ИСЗ. Она кувыркалась в полете, изменяя свою яркость с периодом в 9 с. Половину этого времени она была не видна глазом, но затем на несколько секунд ее яркость доходила до -2^m .

Стая спутников. Обычно бывает трудно отличить простой спутник от ночных опознавательных огней самолета: те

всегда движутся плотной группой из двух или трех разноцветных огней. Но случается, что и спутники образуют рой: иногда одна ракета-носитель выводит на орбиту несколько спутников. Например, спутники серии "Космос" одно время запускали сразу по 8 штук! Они постепенно удалялись друг от друга, но в течение первых нескольких дней еще могли наблюдаться в виде группы.

При подготовке космических аппаратов к стыковке на орбите они также некоторое время совершают совместный полет недалеко друг от друга. В этот момент мы видим их как два огонька, следующих один за другим.

Окончание жизни спутника также может привести к появлению космического роя. При входе в плотные слои атмосферы спутники нередко дробятся на части, и этот рой осколков наблюдается около минуты. Они светятся уже не отраженным, а собственным светом, разогревшись при трении о воздух до температуры 2–3 тыс. К. Иногда это яркое зрелище можно наблюдать даже днем.

Как пример ночного полета "космической стай" можно привести случай, зафиксированный 3 марта 1989 г. метеорным патрулем астрономической обсерватории Одесского университета. Падающий спутник распался на высоте около 70 км на 26 отдельных фрагментов, которые пролетели плотным роем над станцией наблюдения на высоте 60–64 км, постепенно удаляясь друг от друга. Нужно заметить, что горящий в атмосфере фрагмент спутника окружен уплотненным и разогретым в ударной волне воздуха облаком плазмы приличного размера. Так, по оценке одесских астрономов, размер светящегося облака вокруг одного из фрагментов был не менее 250 м. Кстати, этот "космический рой" не только зафиксирован фотокамерами, но и наблюдался очевидцами визуально.

Спутник возвращается на Землю. Разумеется, запланированное падение отработавших ступеней ракет-носителей, головных обтекателей и посадочных капсул происходит, как правило, в специально отведенных для этого районах. Однако бывают и аварийные, неуправляемые

падения, которые могут произойти где угодно.

Достаточно вспомнить события первых лет космонавтики, когда еще не умели управлять посадкой орбитальных аппаратов. Очевидцы утверждают, что захватывающим зрелищем было одно из наиболее ранних падений — падение второго советского ИСЗ (с Лайкой) в Карибское море в 1958 г. Второй спутник стал самосветящимся телом во время прохождения над Нью-Йорком, где его видели наблюдатели Смитсоновской астрофизической обсерватории. Двигаясь в южном направлении, спутник становился все ярче, у него появился длинный хвост, расцвеченный искрами, какие летят от точильного колеса, по выражению одного наблюдателя. К счастью, это происходило в ясную ночь; и падение спутника над Карибским морем наблюдалось со многих кораблей. Раскаленный спутник был значительно ярче Венеры, когда наблюдался с расстояния 160 км, и хвост его достигал 80–160 км в длину. Спутник принимал почти все цвета радуги: от голубого, белого, желтого и зеленого до оранжевого, красного и даже "зловеще малинового"². Высота его полета уменьшалась от 130 км над Нью-Йорком до 65 км над областью восточнее о.Тринидад. Спутник упал, вероятно, в районе устья Амазонки.

В 1962 г. вблизи оз. Мичиган наблюдалось падение 4-го советского ИСЗ и даже были обнаружены его фрагменты, а в 1965 г. вблизи Претории было зарегистрировано падение ракеты-носителя "Джемини-5". И в последующие годы подобных событий было не меньше. Вспомним хотя бы падение многотонных фрагментов станции "Скайлэб" на территорию Австралии или станции "Салют-7"—"Космос-1686" в район Южной Америки. В состав этого 40-тонного комплекса входил спускаемый аппарат массой более 2 т. К счастью, тогда обошлось без жертв. А вот в начале 60-х годов американская ракета-носитель, пытавшаяся вывести на орбиту спутник "Транзит-3А", упала на Кубу и, к всеобщему сожалению, убила корову...

Кстати, сразу же после падения комплекса "Салют-7" на территории Аргентины и Чили было обнаружено множество его частей. В окрестностях местечка Луан-Торо (провинция Ла-Пальма) была найдена стальная плита размером около 1 м², обломки космической станции обнаружили в 20 км от Буэнос-Айреса, вблизи города Чаньяр упал осколок цилиндрической формы диаметром 3.5 м. Различные детали станции крестьяне обнаружили на своих полях и пастбищах, а одна из частей "размером со стиральную машину" упала во двор дома в городе Капитан Бермудес. Ясно, что происхождение всех этих космических "подарков" некоторое время не будет вызывать сомнений, поскольку о падении орбитального комплекса сообщили средства массовой информации. Однако событие вскоре забудется, и очередные находки "загадочных останков космического аппарата" могут получить совсем иное толкование.

Спутник оставляет метку. Необходимо упомянуть еще об одном оптическом явлении, связанном с полетом некоторых космических аппаратов, а именно — об "искусственной комете". Так называют распыление в вакууме некоторых химических веществ, способных ярко флуоресцировать в солнечных лучах. В настоящее время такие опыты проводят с помощью высотных геофизических ракет для исследования верхних слоев атмосферы, а в первые годы космонавтики "искусственную комету" использовали, чтобы отмечать положение спутника. Так, например, поступили американские инженеры при запуске ИСЗ "Эхо": для контроля за спутником, пока его оболочка не была заполнена газом, на орбиту вместе с ней выводилось 3.7 кг оранжевой флуоресцирующей краски, которая наблюдалась в виде облака в течение нескольких оборотов спутника.

А еще раньше, в 1959 г., когда советские ученые отправили к Луне первую станцию "Луна-1", они по предложению известного астрофизика И.С.Шкловского создали вокруг нее "искусственную комету". 3 января в 1 ч. по Гринвичу, когда расстояние до станции составляло 113 тыс. км, вокруг уже не видимого с Земли космического аппарата был рассе-

² Кинг - Хили Д. Искусственные спутники и научные исследования. М., 1963.

ян 1 кг паров натрия. Это ярко светящееся в лучах Солнца облачко прекрасно наблюдалось с Земли в течение трех минут как объект 7-й звездной величины в созвездии Девы, что дало возможность определить точные координаты первого лунника.

Кстати, описание этого эксперимента дает нам возможность рассчитать яркость нынешних геофизических "искусственных комет". Обычно они создаются на высотах в несколько сотен километров и отлично видны с расстояния в 1000 км от места запуска ракеты. Поэтому каждый такой эксперимент вызывает массу писем от удивленных очевидцев и множество ничего не разъясняющих публикаций в местных газетах.

ЛУНА, ВЕНЕРА И НЛО

Среди всевозможных объектов и явлений, рождающих слухи об НЛО, самые "популярные" — Луна и Венера. В этом нас убеждают многочисленные письма очевидцев, регулярно приходящие в астрономические институты и обсерватории, в редакции газет и журналов. Причина того, что вполне заурядные небесные явления вызывают удивление и кривотолки, довольно очевидна: в нашей стране — "родине космонавтики", "передовой научной державе" и т.д. — на удивительно низком уровне находится астрономическое образование. И это несмотря на то, что в СССР, одной из немногих стран, астрономия была обязательным школьным предметом. Но мы-то знаем, как в большинстве школ ее преподавали, а теперь вообще не преподают.

У многих людей вызывает удивление тот факт, что Венера не только "утренняя звезда", но и "вечерняя" тоже (разумеется, не одновременно, а в зависимости от сезона). Неожиданным является также то, что яркость Венеры значительно выше, чем у прочих планет и звезд, и поэтому ее можно увидеть одинокой на фоне сумеречного неба или сквозь дымку облаков. Последнее особенно впечатляет, поскольку движущиеся облака имитируют движение яркой точки в противоположную сторону.

Еще больше необычного связано с Луной, которая в полнолуние в 50 тыс. раз ярче самых ярких звезд. Конечно, в

ясную ночь висящую высоко в небе Луну трудно с чем-нибудь перепутать. Но бывают обстоятельства, когда Луна демонстрирует нам целый набор редких феноменов.

Облачность, скрывающая звезды, может исказить облик Луны, размыть ее очертания, но редко скрывает Луну от нас. Нужно сказать, что в основе лунных и венерианских мистификаций лежит не только астрономическая безграмотность, но и глубокие свойства человеческого зрения. Со школьных уроков биологии мы выносим знание о хрусталике и сетчатке глаза, о колбочках и палочках, но о некоторых особенностях зрения остаемся в неведении.

Эффекты "бокового зрения". Если изображение объекта попадает не в центр сетчатки, а сбоку, то наблюдаются два любопытных эффекта. Во-первых, боковым зрением мы способны различить ночью менее яркие объекты. Объясняется это просто: в центре сетчатки нет чувствительных палочек, ответственных за ночное зрение, а колбочки, обеспечивающие нам цветное зрение днем, не так чувствительны к свету. Астрономы часто пользуются боковым зрением, чтобы заметить слабую звезду или туманность, которая не видна при взгляде в упор. Но с теми, кому незнаком этот эффект, боковое зрение может сыграть шутку: заметив в поле зрения сбоку светящийся объект, вы поворачиваете голову, чтобы рассмотреть его получше, а он при этом... пропадает!

Вторая особенность бокового зрения — его более высокое временное разрешение. Убедиться в этом легко: взгляните на лампу дневного света сначала в упор, а затем боковым зрением. В первом случае ее свет покажется вам ровным, а во втором — дрожащим: это вы заметили колебания напряжения в 50 Гц, которые заставляют мигать безынерционную люминесцентную лампу. Вероятно, эта особенность зрения биологически целесообразна: хищник обычно нападает сбоку или сзади, поэтому именно боковое зрение должно срабатывать быстро. Этой особенностью зрения тоже можно научиться пользоваться, и ее необходимо

учитывать при анализе странных оптических явлений.

Эффект "полета Луны". Этот известный эффект в облачную погоду также легко объяснить, если учесть особенности зрительного восприятия. Для всех животных, в том числе и для нас с вами, изменения внешнего мира гораздо важнее, чем его неизменность, как, например, во взаимоотношениях хищника и жертвы. Поэтому наша зрительная система прежде всего фиксирует изменение, перемещение объекта в поле зрения. Причем осуществляется это наиболее эффективным способом.

Дело в том, что на пути от сетчатки глаза к коре головного мозга зрительный сигнал испытывает сложные преобразования. В целом он существенно упрощается, но при этом из него выделяется жизненно важная информация, потеря которой могла бы стать фатальной для организма. В частности, сохраняется и даже значительно усиливается информация о перемещении изображения по сетчатке. И даже более того — сохраняется только информация о перемещении. неподвижные объекты, изображение которых не смещается на сетчатке, глаз через некоторое время вообще перестает замечать. Поэтому, чтобы видеть неподвижную картину, глаз постоянно совершает микроскопические повороты на 2–3 мин дуги, создавая тем самым искусственные смещения изображений на сетчатке. Однако не будем излишне усложнять картину; для нас сейчас важно лишь то, что в первую очередь зрение акцентирует наше внимание на движущихся объектах.

Другая важная особенность глаза, как мы уже знаем, состоит в том, что область четкого зрения находится в центре сетчатки и имеет размер всего несколько угловых градусов, тогда как все остальное поле нашего зрения, покрывающее почти целую полусферу, имеет низкую разрешающую способность.

Теперь представим себе жертву (если мы — хищники) или хищника (если мы — жертва), движущуюся на фоне неподвижного пейзажа. В принципе, у глаза есть две возможности: зафиксировать взгляд на пейзаже или на жертве. Если бы взгляд был зафиксирован на пейзаже, то раздражающим стимулом, перемещающимся по сетчатке, было бы изображение жертвы. Но сигнал от него был бы слаб, поскольку изображение жертвы покрывает малую долю сетчатки, а его качество было бы плохим, поскольку оно сразу вышло бы из области четкого зрения.

Поэтому эволюция избрала иной путь. Наш глаз фиксирует взгляд на движущейся жертве; ее изображение постоянно остается в центре сетчатки в области четкого зрения. Зато при этом перемещается по сетчатке изображение всего окружающего пейзажа, создавая мощный зрительный импульс и возбуждая внимание. Это — стандартная ситуация, и мозг интерпретирует ее однозначно: небольшое зафиксированное изображение в центре поля зрения — это движущийся объект, а окружающее его обширное движущееся изображение — это неподвижный фон.

И вот перед глазом "небесная картина" — бегущие по ночному небу облака и появляющиеся в их разрывах Луна, яркая звезда или планета. Глаз (точнее, мозг) реагирует на эту картину привычным образом: в нашем восприятии облака стоят, а яркий объект стремительно летит. Лишь сознательно и совсем не сразу удается подавить это ощущение, "остановить" небесное светило и "двигнуть" облака.

Мы обсудили далеко не все атмосферные и космические события, имитирующие появление НЛО. Приглашаем читателей, разгадавших "неопознанные" небесные объекты, продолжить обсуждение этой проблемы.

Московская ассамблея GLOBE International



Впервые (с 31 августа по 2 сентября 1994 г.) Генеральная ассамблея Международной организации парламентариев за сбалансированную окружающую среду — Global Legislators Organisation for a Balanced Environment (GLOBE International) проходила в России.

Эта неформальная ассоциация законодателей — сопкоенных глобальными экологическими проблемами, была создана в 1989 г. по инициативе американского сенатора А.Гора (ныне вице-президента США) и поначалу объединила парламентариев стран Европейского сообщества и Соединенных Штатов Америки; вскоре к ним присоединились законодатели Японии, а в 1992 г., на Лиссабонской ассамблее — Российской Федерации. Народный депутат России, а ныне — Государственной Думы Н.Н. Воронцов был избран вице-президентом GLOBE International и президентом ее регионального субъекта — ГЛОБЕ-Россия. Штаб-квартира GLOBE International до 1993 г. располагалась в Брюсселе, а теперь находится в Токио; ее нынешним президентом является Т.Косуги (Takashi Kosugi). По уставу каждая автономная организация обладает пятью голосами на Генеральной ассамблее, созываемой два раза в год. Поскольку GLOBE — организация не политическая, в ГЛОБЕ-Россия представлены почти все фракции Госдумы: помимо Н.Н.Воронцова, в ее состав входят депутаты Р.Г.Абдула-

типов, Е.А.Гаер, М.К.Глубоковский, Г.И.Задонский, В.И.Севастьянов, С.В.Станкевич, В.В.Тетельмин, А.Н.Чилингаров и А.Е.Шабад.

Главный принцип GLOBE как ассоциации парламентариев — "быть эффективным инструментом действия, а не коллекцией добрых намерений". Поэтому основной своей задачей члены GLOBE считают законодательство на благо экологического здоровья планеты. Но в мире, где все народы зависят друг от друга, бессмысленно разрабатывать законодательство по охране окружающей среды в одиночку, только для своей страны, и поэтому "глобисты" приняли на себя обязательство регулярно обмениваться информацией ("от хорошо информированного политика можно ожидать и хороших решений"), анализировать, сопоставлять законодательные акты, уже действующие в разных странах, выдвигать новые законопроекты и обеспечивать их проведение в жизнь, оказывая конкретное давление на государственные учреждения или правительства. Важная роль отводится рабочим группам GLOBE: кто-то из членов каждой региональной организации берет на себя разработку определенного экологического вопроса, представляющего глобальный интерес, и на очередном полугодовом заседании Генеральной ассамблеи представляет коллегам на утверждение программу необходимых действий.

На московской ассамблее обсуждались такие проблемы, как сохранение биологического разнообразия, народонаселение, изменение климата, охрана океанов и лесов, запрет на ядерные испытания и др.

В приветствии ассамблее президент РФ Б.Н.Ельцин отметил, что России от тоталитарной системы досталось тяжелое наследие: супермилитаризованная экономика, загрязнение значительных регионов Европейской части России, Урала, юга Сибири, приведшее к возникновению зон экологического бедствия, но вместе с тем более 50% российской территории все еще остаются девственно чистыми. Сохранение нетронутых лесов, озер и рек и очищение уже загрязненных областей, переход на прогрессивные технологии в индустриальных районах — вот две нераздельные стороны экологической политики России.

Огромное значение проблемы сохранения биоразнообразия осветил на ассамблее **Н.Н.Воронцов**. Он подчеркнул, что большинство видов на Земле могут исчезнуть до того, как они станут известны науке. На сегодня описано около 2 млн. видов животных, растений, грибов, микроорганизмов, но, по самым скромным подсчетам, видовое разнообразие планеты состоит из 10–20 млн. (а некоторые специалисты оценивают его в 100 млн. видов). Это значит, что описано все-

го от 1–2 до 10%. Представление о том, сколь мало мы знаем о биоразнообразии, дают примеры лишь самых последних лет: в 80-х годах были обнаружены новые экосистемы животных и микроорганизмов в горячих водах "черных курильщиков", открыто новое царство микроорганизмов — *Archaeobacteria*, новый класс крупных беспозвоночных — *Vestimentifera*.

Изучение и сохранение биоразнообразия тормозится малыми инвестициями в традиционные области естествознания — зоологию, ботанику, микробиологию. Нужны специальные программы поддержки гербариев, ботанических и зоологических садов, живых коллекций микроорганизмов. По мнению Н.Н.Воронцова, статус крупнейших гербариев и зоологических коллекций (таких, как Британский музей естественной истории, американские музеи естественной истории в Нью-Йорке и Вашингтоне, подобные им учреждения в Париже и Берлине, Ботанический и Зоологический институты РАН в Санкт-Петербурге, Зоологический музей МГУ в Москве) должен быть приравнен к статусу крупнейших национальных библиотек и хранилищ произведений искусства. "Граждане, парламентарии и правительства должны гордиться своими коллекционными фондами по биоразнообразию в не меньшей степени, чем Лувром, Эрмитажем, Прадо, музеем "Метрополитен". Необходимо создать национальные службы биоразнообразия во всех странах и компьютерную сеть данных по биоразнообразию.

По сведениям Фонда Дж.Сороса "Биоразнообразие", фауна и флора на территории бывшего СССР составляет примерно 10–12% мирового разнообразия, а работают по этой проблеме не менее 7 тыс. специалистов.

нообразия и использования биологических ресурсов леса, причем особое значение ныне придается охране сибирских лесов. Свою точку зрения на эту проблему представили Х. Мюнтинг (Hemmo Muntingh, почетный член-основатель GLOBE International); Ю.Н.Москвич (член ГЛОБЕ-Россия, представитель президента РФ в Красноярском крае) и А.П.Абаимов (Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН); А.С.Исаев, Л.М.Носова (Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН) и Ю.Г.Пузаченко (Научный совет РАН по проблемам экологии биологических систем, Научный совет РАН по фундаментальным геоэкологическим исследованиям, ИЭМЭЖ).

Леса Сибири составляют 20% лесного покрова планеты (331.9 млн. га); на их долю приходится 60% бореальных лесов всего мира. Ежегодный средний прирост на 1 га леса основных древесных пород — 1.31 м^3 (в том числе хвойных — 1.17 м^3). Фактический ежегодный объем заготовок древесины в Сибири составляет около 100 млн. м^3 , однако существует мнение, сформулированное еще в бывшем Госкомлесе СССР, будто заготовки можно увеличить более чем в два раза. Между тем оценки ресурсного потенциала лесов Сибири специалистами Института леса им. В.Н. Сукачева не позволяя с этим согласиться: при официальных расчетах не учитываются реальные возможности лесного фонда, т.е. экологическая, экономическая и технологическая доступность лесов. В условиях Сибири (равно как и на европейском севере России) это нередко приводило к недопустимому истощению лесов на локальных территориях. В горных же лесах Сибири, а также в лесах, произрастающих на вечной мерзлоте, необходимо соблюдать особый режим природопользования, учитывающий их повышенную экологическую ценность: почвозащитные, водоохраные, средообразующие

и средостабилизирующие функции, их роль как естественной среды обитания коренных народов Севера и базы развития традиционных промыслов. Исходя из этого, специалисты считают, что размер расчетной лесосеки в Сибири превышен более чем в 2–2.5 раза. Поскольку проблема лесов Сибири становится в экологическом плане проблемой всего международного сообщества, члены ГЛОБЕ-Россия будут настаивать на создании специальной программы рационального использования сибирских лесных ресурсов.

По мнению членов GLOBE International, охрана экологического здоровья Мирового океана столь важна сегодня, что эту проблему стоит вынести в центр повестки дня генеральных ассамблей 1995 г.

Хотя океаны занимают большую площадь земной поверхности, они все еще плохо изучены. Между тем разрушение водных экосистем может привести как к быстротекущим последствиям, так и к нарушениям в отдаленной перспективе, способным повлиять на погоду, климат, производство продуктов питания и биоразнообразие. Члены GLOBE указывают, что радиоактивное загрязнение, включая аварии, сбросы и испытания, представляет потенциальную угрозу морской среде, и поэтому поддерживают поправки от 12 ноября 1993 г. к Лондонской конвенции о сбрасывании отходов в океан, которые налагают запрет на сжигание отходов в море и намеренный сброс радиоактивных и других промышленных отходов. Считается целесообразным создать специальную рабочую группу по охране Мирового океана.

На ассамблее затрагивалась, в частности, позиция России в отношении китобойного промысла. В мае 1994 г. Международная китобойная комиссия поддержала мнение ученых и природоохран-

Большое внимание уделила ассамблея обсуждению стратегии сохранения биораз-



ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РАСПОРЯЖЕНИЕ

от 6 октября 1994 г. № 1597-р

г. Москва

Одобрить поправку к Приложению к Международной конвенции по регулированию китобойного промысла от 2 декабря 1946 г. относительно создания заповедника китов в водах южного полушария вокруг Антарктиды, принятую на 46-й сессии Международной китобойной комиссии.

МИДУ России уведомить секретариат Международной китобойной комиссии о согласии Правительства Российской Федерации с указанной поправкой.

Председатель Правительства
Российской Федерации



В. Черномырдин

K:\DOCN\RASP\10001769.DOC

ных организаций о необходимости создания заповедного режима для популяций китов в Южном океане, браконьерское истребление которых гигантскими китобойными флотилиями нанесло колоссальный ущерб. По мнению ученых, создание заповедника — единственный путь со-

хранения китов и уникальной антарктической экосистемы. Специально по этому поводу президентом ГЛОБЕ-Россия было направлено письмо премьер-министру РФ В.С. Черномырдину. В ответ на письмо правительство РФ приняло распоряжение, в котором одобрена поправка к Прило-

жению к Международной конвенции по регулированию китобойного промысла относительно создания заповедника китов в водах Антарктики.

Здесь, кстати, уместно упомянуть, что исключительно по инициативе GLOBE International была проведена важная для нашей страны

операция "Путина" по охране Охотского и Берингова морей от браконьерского промысла: в соответствии с решением GLOBE о регулировании рыболовства в их экономических зонах члены региональных субъектов добились от своих парламентов принятия необходимых законов.

Дж. Керри (John Kerry, президент GLOBE USA) представил ассамблее программу действий по охране Антарктики. В ней подчеркнута значимость этого региона для экосистем Мирового океана и глобальных климатических изменений. Между тем принятый в 1992 г. Мадридский Протокол к Договору по защите природы Антарктики, который подписан и Россией, ратифицировали на сегодняшний день лишь 9 стран из 26. GLOBE настаивает на неограниченном продлении предусмотренного этим протоколом 50-летнего запрета на добычу в Антарктике минерального сырья, подчеркивая, что такая деятельность несовместима с принципами охраны ее хрупкой природной среды. GLOBE призывает парламентариев добиваться от своих правительств признания "Норм поведения для прибывающих в Антарктику" (принятых на XVIII консультативном заседании сторон Антарктического договора) всеми лицами, находящимися в этом регионе, включая членов национальных научно-исследовательских групп.

Изучению климатических изменений как одной из важнейших задач современной науки было посвящено выступление заместителя председателя Государственной думы России **А.Н.Чилингарова**, чья научная деятельность непосредственно связана с исследованием Арктики и Антарктики (достаточно напомнить, что он возглавлял высокоширотную экспедицию "Север-21", был начальником дрейфующей станции "Северный полюс-19", станции "Беллинсгаузен" 17-й Антарктической экспедиции, во время которой были получены, в частности, данные о структуре и динамике озонового слоя в Антарктиде).

Даже небольшое повышение качества прогноза короткопериодных климатических изменений и долгосрочного прогноза погоды дает, отметил **А.Н.Чилингаров**, экономический эффект, исчисляемый в масштабе страны в триллионах рублей. По мере удлинения заблаговременности прогноза погоды существенно роль начинает играть взаимодействие океана и атмосферы. Если для прогноза погоды на несколько дней вперед океан можно считать консервативной средой с неизменной во времени температурой поверхностного слоя, то для прогноза большой заблаговременности, в том числе короткопериодных изменений климата, важное значение имеет эволюция термодинамических условий Мирового океана, включая льды Арктики и Антарктики. Согласно расчетам, увеличение годового притока тепла к океану (за счет удвоения содержания в атмосфере CO_2) способно растопить весь морской лед в этих приполярных областях (если принять, что лед покрывает площадь в 20 млн. км² слоем толщиной в 2 м). Именно поэтому, с точки зрения **А.Н.Чилингарова**, Всемирная программа исследований климата должна быть в существенной мере дополнена системой наблюдений в Северном Ледовитом океане и Антарктиде.

Известно, что межгодовые изменения ледовитости полярных морей очень сильно меняют локальные потоки энергии и влаги в атмосферу, вызывая ее крупномасштабную реакцию. Здесь, однако, необходимы дополнительные исследования, касающиеся сезонных и многолетних колебаний площади распространения морских льдов и причин, вызывающих эти изменения. Подчеркнув, что ледовитость арктических морей весьма чувствительна к величине солёности верхнего слоя

вод, которая зависит от процессов замерзания-таяния и поддерживается пресноводным материковым стоком, выступавший отметил, сколь сильно могла бы повлиять на ледовые условия в Арктике, а следовательно, и на климат всей Земли планировавшаяся некогда переброска стока сибирских рек на юг.

Говоря об общей стратегии исследований Мирового океана в целях изучения возможных климатических изменений, **А.Н.Чилингаров** выделяет в качестве приоритетных наблюдения за температурой его поверхности и теплосодержанием деятельного слоя, ледяным покровом, циркуляцией вод. Эти наблюдения должны быть организованы таким образом, чтобы давать максимум сведений для построения физических моделей взаимодействия океана и атмосферы как основы для долгосрочных прогнозов погоды и колебаний климата. Здесь требуется глобальный мониторинг океана, который способен практически непрерывно во времени осуществлять искусственные спутники Земли. Но для этих работ необходимо широкое международное сотрудничество, и тут свое слово должны сказать парламенты различных стран, в том числе и через программы, разрабатываемые GLOBE International.

С программой действий в области энергетики и изменения климата ознакомил участников ассамблеи нынешний президент GLOBE International **Т.Косуги**. Хотя Конвенция ООН по изменению климата, подписанная в 1992 г., вступила в силу 21 марта 1994 г., ратифицирована она всего лишь 79 странами. Задача GLOBE — добиться быстрой ее ратификации всеми странами-членами ООН, а также правительством Тайваня. GLOBE призывает все страны, входящие в Организацию экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), принять на себя обязательства: к 2010 г. сокра-

тить выброс CO_2 до 95% от уровня 1990 г., т.е. на 5%; странам, которые смогут достичь этого показателя, — снизить выброс CO_2 к 2020 г. до 93% от уровня 1990 г., а кому это окажется не под силу — до 90% от того же уровня 1990 г.

В этих целях GLOBE предлагает странам ОЭСР перейти к режиму управления нагрузкой на энергосистемы и создать глобальную сеть линий электропередачи. В перспективе можно было бы объединить все страны единой электроэнергетической сетью, что позволило бы перераспределять энергию, перебрасывая из стран, где в данный момент ночь, туда, где день и потому требуется максимальное количество энергии. Использовать для переброски надо энергию высокого напряжения, ибо в этом случае потери сокращаются на 3/4. В будущем можно было бы "обмениваться" электроэнергией, используя не только различия во временных поясах, но и во временах года Северного и Южного полушарий. Но для реализации такого плана необходимо, чтобы электроэнергия стала "международным товаром", а это, в свою очередь, требует устранения ряда препятствий в национальных законодательствах, а также усовершенствования методов передачи электроэнергии через океаны и континенты.

GLOBE должна всячески содействовать разработке альтернативных источников энергии, не связанных с выбросом CO_2 и радиоактивным загрязнением. Долю солнечной энергии и энергии ветра предполагается увеличить к 2010 г. до 10% и более от всей вырабатываемой сегодня энергии, а к 2020 г. — до 15% и более. Кроме того, GLOBE предлагает заключить международное соглашение с тем, чтобы к 2010 г. выйти на продажу по крайней мере 10% экологически чистых автомобилей, а к 2020 г. увеличить этот показатель до 20%.

Поскольку метан является

вторым после CO_2 соединением, вызывающим парниковый эффект, предлагается самое серьезное внимание уделить ограничению его выбросов, и в частности не допустить утечки метана, содержащегося в вечной мерзлоте, при хозяйственном освоении соответствующих регионов.

Выступавший по той же проблеме К. Пимента (Carlos Pimenta, президент GLOBE EU) подчеркнул, что страны Центральной и Восточной Европы потребляют в два-три раза больше энергии на единицу ВНП, чем страны ОЭСР. Объясняется это не только доминирующим положением энергоемких отраслей, но и крайне неэффективным функционированием системы распределения и использования энергии. Генеральная ассамблея GLOBE, в частности, постановила: осуществлять поддержку программ сотрудничества, направленных на модернизацию энергетического комплекса стран Центральной и Восточной Европы, а также СНГ; выступать за увеличение ассигнований на эти программы в рамках двусторонних и многосторонних программ.

Члены GLOBE International озабочены тем, насколько экологически безопасны перевозки высокорadioактивных отходов атомной промышленности, а также возможностью неконтролируемого распространения радиоактивных материалов вследствие накопления все большего количества промышленного плутония. Они настаивают на недопустимости морских перевозок радиоактивных отходов, пока не будет представлено заключение о том, что контейнеры останутся неповрежденными в максимально жестких условиях транспортировки, а также пока не будут оценены экологические последствия в случае повреждения контейнеров.

Выступление председателя Межведомственной комиссии по экологической безопасности Совета Безопасности РФ А.В.Яблокова

содержало новые данные о воздействии окружающей среды на здоровье человека и демографическую ситуацию в России. Указав на "появление порочного круга бедности и болезней", он выразил сожаление по поводу того, что на сегодня, "в существности, нет предпосылок для улучшения ситуации".

Проблемам народонаселения, этнической экологии были посвящены выступления А. Домото (Akiko Domoto, президент GLOBE-Japan), Ю.Г. Рычкова (Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН) и Е.А. Гаер (депутат Совета Федерации, заместитель председателя Комитета по делам Севера и малочисленных народов, генеральный секретарь Международной лиги малочисленных народов и этнических групп).

"Этносы риска" — на этом заострила свое внимание Е.А. Гаер. В основе всех хозяйственно - экономических преобразований на Севере за предстоящую период, отметила она, лежала экономическая целесообразность, определяемая общегосударственными интересами. Население рассматривалось с точки зрения экономических позиций — как трудовой ресурс, как средство осуществления этой генеральной цели. Подобная политика привела ко многим негативным, а иногда и катастрофическим последствиям. В современных условиях без учета интересов коренного населения на Севере не может быть реализована ни одна крупномасштабная программа. Нельзя допустить, чтобы не брались в расчет интересы почти трех десятков уникальных, пусть и небольших по численности, народов: их культура, сформировавшаяся в особых природно-климатических условиях, имеет непреходящую ценность и общемировое значение как об-

1 Подробнее см.: Рычков Ю. Г. Кочевники Сибирской тайги (этноэкологическая грань проблемы сохранения биоразнообразия). // Природа. 1995. N 1. С. 52-59.

разец адаптации человека к экстремальным условиям Севера. Кроме того, отметила Е.А.Гаер, идет пересмотр международных норм, касающихся коренных народов. Важное значение имеет, в соответствии с Конвенцией Международной организации труда 1989 г., признание за коренным народом прав собственности на земли, которые он традиционно занимает, на пользование и распоряжение природными ресурсами этих земель, на получение компенсации за любой ущерб, который может быть причинен в результате разведки или эксплуатации таких ресурсов другими субъектами. Эти общемировые тенденции начинают затрагивать и российский Север. Так, в Ханты-Мансийском округе утверждены "Статус приоритетного природопользования коренного населения" и "Положение о статусе родовых угодий", куда отнесены территории, на которых исторически сложились традиционные виды хозяйства и образ жизни коренных жителей: места выпаса оленей, охотничье-рыболовные и сенокосные угодья, зоны сбора ягод и орехов, а также памятники природы и культовые места. Таким образом, кардинально меняется субъект владения огромными территориями, без ведома и разрешения которого невозможна никакая промышленная деятельность. Но есть и примеры иного свойства: в районах интенсивного промышленного освоения идет деградация экосистем, нарастают кризисные явления как в экономических, так и в социальных сферах. Так, ущерб хозяйству и природе Тюменской области от нефтегазового комплекса оценивается в 10 млрд. руб. (в ценах 1990 г.). К 2005 г. он достигнет 30 млрд. рублей в год, если же провести охранные мероприятия, можно снизить ущерб на 21 млрд. рублей в год, однако для строительства природоохранных объектов придется затратить 45 млрд. рублей.

Ухудшение экологической ситуации ставит малые

северные этносы на грань исчезновения, и в этом отношении они все больше представляют собой "этносы риска". В целом уровень жизни коренного населения Севера в два раза ниже, чем в среднем по России. Традиционное хозяйство пребывает в запустении, сокращаются продукты его производства. Даже в национальных поселках нет традиционной одежды, которая рассчитана не только на суровый климат, но и на специфику труда и быта. Например, рыбаки подледного лова, не имея традиционных чумов, по 5-8 месяцев живут в холодных палатках, а обработчики рыбы продолжают работать в условиях, характерных для 30-х годов. И такое положение во всех отраслях традиционного хозяйства. Определяющей тенденцией в развитии структуры занятости народностей Севера стало сокращение числа оленеводов, рыболовов, охотников, при этом вытесняющиеся из традиционных отраслей работники вынуждены заниматься некачественным физическим трудом, а большая часть и вовсе остается без работы, что усугубляет процесс люмпенизации коренного населения.

Неблагоприятные изменения происходят и в структуре питания северного населения: организм северян эволюционно приспособлен к белково-жировой диете, однако в последнее десятилетие в местах интенсивного промышленного освоения устанавливаются лимиты на мясные и рыбные продукты (даже детям в интернатах), что ведет к значительному росту заболеваемости. Низкий уровень жизни, отсутствие свободного времени для досуга приводят к тому, что на грани исчезновения находятся ведущие для северных этносов формы культурной жизни; к тому же надо учесть насильственное уничтожение в прошлом традиционных институтов и форм духовной деятельности, что усиливает кризис культуры, воспитания и образования. Семья все менее оказывается институ-

том индивидуального воспитания, а школа перестала быть национальной и выпускает "дезадаптированных" и "деэтнизированных" молодых людей.

Средняя продолжительность жизни аборигенного населения на 10-20 лет отстает от среднероссийского уровня; сохраняется низкая рождаемость (многие молодые девушки не хотят выходить замуж за оленеводов или не могут жить в условиях традиционной технологии ведения хозяйства, и в результате около 50% мужчин, продолжающих заниматься традиционными видами хозяйства, до 40 лет остаются холостяками).

Все подобные факты, подытоживая свое выступление Е.А.Гаер, говорят о полной несостоятельности прежней модели общественного развития народностей Севера и требуют ее радикального и экстремного пересмотра.

Вот далеко не полный перечень выступлений на IX Генеральной ассамблее GLOBE International. По всем обсуждавшимся вопросам были разработаны и скоординированы планы действий, которыми теперь станут руководствоваться парламентарии — члены GLOBE — при работе над законами в своих парламентах.

Законодательство остается главной задачей "глобистов", но самым важным они считают мировоззрение, которое позволяет законодателю чувствовать себя ответственным за здоровье Земли, за то, чтобы сохранить его для будущих поколений. И, как сказал в своем послании участникам GLOBE Патриарх Московский и всея Руси Алексей II, "экологическая проблема есть в первую очередь проблема не материальная, а нравственная, центром которой является сам человек".

© Г.В. Короткевич
Москва

Видеотерминалы — угроза здоровью?

В. Н. Анисимов

Вопросы, связанные с гелиобиологией, в последние годы имеют вполне земное продолжение. Бурное развитие техники все более заполняет наше жизненное пространство различными электромагнитными полями. Сегодня экспериментальные и теоретические исследования биологических эффектов таких полей служат необходимым и очень важным инструментом в изучении глобальных земных изменений, связанных со слабыми возмущениями межпланетного и земного магнитных полей. В этом номере мы предлагаем читателям продолжить тему, начатую в № 9 предыдущего года.



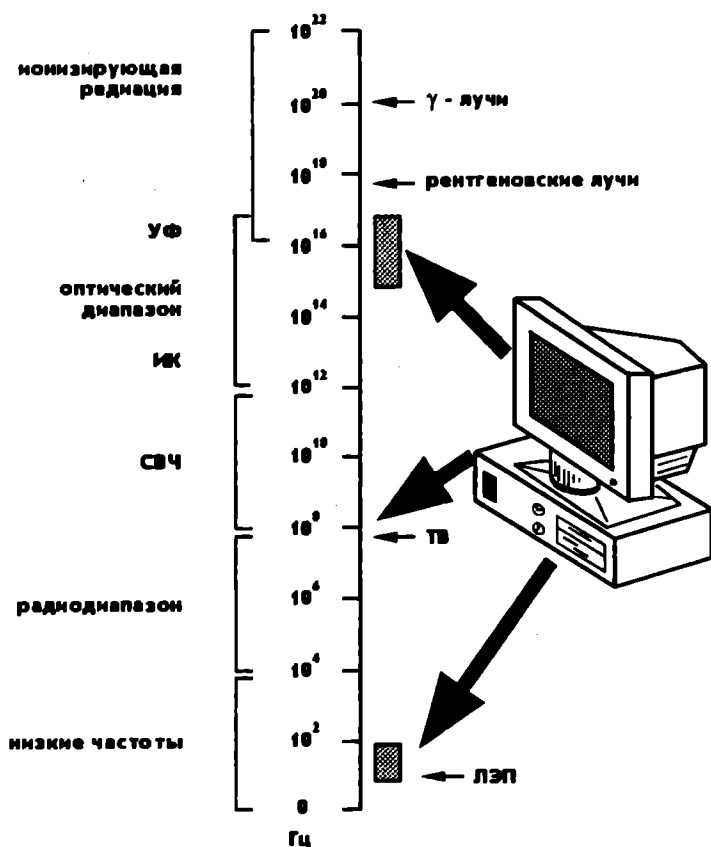
Владимир Николаевич Анисимов, доктор медицинских наук, руководитель лаборатории экспериментальных опухолей Научно-исследовательского института им. Н. Н. Петрова, Санкт-Петербург. Заместитель председателя Экспертной комиссии "Злокачественные новообразования" при президиуме РАМН. Основные научные интересы связаны с изучением модифицированных факторов канцерогенеза и взаимосвязи возникновения злокачественных новообразований и старения. Автор ряда монографий, в том числе: Cancerogenesis and Aging. V. 1, 2. Florida, 1987.

П ОЖАЛУЙ, трудно найти более изменившее нашу жизнь изобретение, неизмеримо ускорившее сам процесс творчества и цивилизацию в целом, чем компьютер. С ним давно освоились конструкторы и инженеры, он прочно вошел в офисы учреждений, стал любимой игрушкой детей и подростков. Растет число компьютерных классов в школах и вузах. К настоящему времени только в США и Великобритании продано более 10 млн. персональных компьютеров. Хотя официальных сведений об их числе в России нет, ясно, что и здесь количество этих терминалов стремительно нарастает.

Итак, компьютер одержал неоспоримую победу. Однако так ли уж безразлично для здоровья это достижение человеческого гения? В 1988 г. американские исследователи сообщили об увеличении на 80 % частоты выкидышей у женщин, проводивших за видеотерминалом не менее 20 часов в неделю. Эти тревожные факты поспешили объяснить не прямым воздействием компьютеров, а эмоциональным стрессом.

Однако в 1992 г. скандинавские специалисты опубликовали результаты исследования, выводы которого были весьма неутешительны: при пользовании видеотерминалами, создающими сильные магнитные поля в диапазоне низких

Компьютер и электромагнитный спектр. Частоты, угнетающие функцию элифи-за, показаны штриховкой.



частот, у женщин, активно работающих на компьютерах, вероятность выкидышей в 3.5 раза выше, чем у пользующихся видеотерминалами, создающими более слабые поля¹. Мало того, из опытов на животных выяснилось, что и слабые магнитные поля могут отрицательно воздействовать на развитие плода. Появились сообщения об ухудшении остроты зрения и развитии катаракты у программистов и операторов персональных компьютеров. Педагоги, психологи и врачи отметили повышенную утомляемость и рост частоты невротических состояний у детей и подростков, "играющих" с компьютером и не всегда "выигрывающих" у него.

¹ Sagan L. A. // J. Amer. Assoc. 1992. V. 268. P. 625—629; Pinholster G. // Environm. Health Perspect. 1993. V. 101. P. 292—295; WHO // Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 GHz). Environm. Health Criteria 137. Geneva, 1993.

В ряде недавних газетных публикаций сообщалось об увеличении частоты рака у лиц, проводивших много времени за видеотерминалами компьютеров. В научной литературе таких данных пока нет. Более того, в заявлении, опубликованном в 1988 г. Комитетом по неионизирующим излучениям Международной ассоциации радиационной защиты, а также в документах Международной организации труда (1991), Всемирной организации здравоохранения (1987, 1993) констатируется, что, исходя из современных знаний, нет оснований утверждать, будто видеотерминалы компьютеров представляют какой-либо риск для здоровья человека, соблюдающего правила техники безопасности при работе с неионизирующими излучениями.

Однако совсем недавно, в 1993 г., крупнейшие компании по производству компьютеров — "Apple

Computer", "Compaq Computer" и "IBM Corporation" — выделили 2.5 млн. долл. на создание при Университете Джонса Хопкинса Центра по изучению видеотерминалов и их влияния на здоровье. Что же тревожит специалистов?

Видеотерминалы излучают электромагнитные поля в очень широком диапазоне. В радиодиапазоне эти поля продуцируются катодной трубкой. Основными же их источниками служат горизонтальные и вертикальные отклоняющие катушки, которые сканируют электронный луч и работают в диапазоне 15—35 кГц. На расстоянии 50 см от экрана обычная напряженность электрических полей — от <1 до 10 В/м, а интенсивность магнитного поля — от 0.1 до 1 мГс. Видеотерминалы также продуцируют электрические и магнитные поля с частотой 50 или 60 Гц и их гармоники. Где же таятся опасности, подстерегающие пользователей?

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И РАК

Если компьютер и информатика символизируют новейший период цивилизации, то, вне сомнения, с конца XIX столетия начался и продолжается ныне век электричества. Линии высоковольтных передач — неперемный элемент индустриального пейзажа. Каждый дом пронизан сетями электропроводов, подводящих ток к лампам освещения и множеству бытовых приборов, которые делают нашу жизнь удобной и приятной. Садясь в трамвай, троллейбус, поезд метро или пригородную электричку, мы также, как и находясь дома, не задумываемся, однако, над тем, что при этом попадаем под влияние пронизывающих нас электрических и магнитных полей самой разной частоты и интенсивности. За всю предыдущую историю цивилизации человек и другие животные, обитающие на Земле, не испытывали подобных воздействий, интенсивность которых все нарастает. Так, если в 1973 г. потребление электроэнергии на одного жителя Японии составляло 1.9 МВт, то в 1983 г. — уже 2.9 МВт, а в США

соответственно — 8.2 и 9.0 МВт.

Век электричества начался раньше века компьютеров, и естественно, что о влиянии электромагнитных полей на здоровье человека известно больше. Уже давно для лечения различных, прежде всего воспалительных, заболеваний с успехом используют физиотерапию, в арсенале которой приборы с самым широким спектром электрических и магнитных постоянных и переменных полей — от магнитных браслетов и магнитофоров и всем известных аппаратов УВЧ до диадинамика и множества других.

В середине 60-х годов появилась первая в мировой литературе публикация двух российских ученых — Т. П. Асановой и А. И. Ракова — о неврологических симптомах и снижении либидо у рабочих высоковольтных электрических подстанций. Но тогда этой работе не придали серьезного значения и вспомнили о ней через 10 лет, после двух нашумевших историй. Одна была вызвана серьезными заболеваниями персонала, обслуживавшего станции низкочастотной связи с подводными лодками, и рассматривалась на самом высоком уровне — на слушаниях в конгрессе США. Другая напомнила о не лучших временах в отношениях между СССР и США — создании секретного проекта "Гандора", разрабатывавшегося Госдепартаментом США в связи с советскими подслушивающими устройствами, которые, как было опубликовано в журнале "Тайм", будучи направленными на американское посольство в Москве, неблагоприятным образом действовали на здоровье дипломатов².

Тогда в ряде стран началось серьезное изучение влияния электромагнитных полей (прежде всего низкочастотных) на биологические объекты, в том числе человека, и появились убедительные доказательства их неблагоприятного воздействия на организм. В

² Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields: The Question of Cancer / Wilson B. W., Stevens R. G., Anderson L. E. Columbus, 1990.

1979 г. американские исследователи Н. Уертгеймер и Э. Липер взбудоражили мировую общественность сообщением о двукратном увеличении риска умереть от рака у детей, проживающих в непосредственной близости от высоковольтных линий³. Вслед за ними Д. Савитц и ряд других исследователей получили аналогичные результаты в наблюдениях за детьми⁴. Более того, оказалось, что лица, занятые в электротехнической промышленности (электрики, электроинженеры, персонал, обслуживающий телефонные и высоковольтные линии), чаще заболевают и умирают от лейкозов и некоторых других видов злокачественных опухолей, в том числе мозга, предстательной и молочной желез, чем работники других специальностей.

Однако такие категорические выводы встретили серьезные возражения крупного эксперта в области эпидемиологии рака Д. Трихопулоса из Гарвардской школы здравоохранения. В 1992 г. специальный комитет, назначенный администрацией президента США Буша, изучив и подытожив имевшиеся к тому времени наблюдения, пришел к выводу, что домашние электросети и приборы не представляют реальной опасности для здоровья. В недавнем заключении комиссии Национального исследовательского совета США отмечено, что радиоволны и микроволновые передатчики если и оказывают, то лишь минимальный и, возможно, неопределимый эффект на здоровье.

Однако уже в сентябре 1993 г. в издающемся Национальным институтом охраны окружающей среды США журнале "Environmental Health Perspectives" появились данные шведских исследователей, проанализировавших сведения о частоте рака среди 400 тыс. лиц, с 1960 по 1985 г. проживавших в

домах, которые находились не далее 300 м от высоковольтных линий электропередач. В этой группе было обнаружено 142 ребенка с различными видами злокачественных новообразований и 548 взрослых с опухолью мозга или лейкозом. Мало того, оказалось, что при напряженности магнитного поля выше 3 мГс риск возникновения рака увеличивается еще больше.

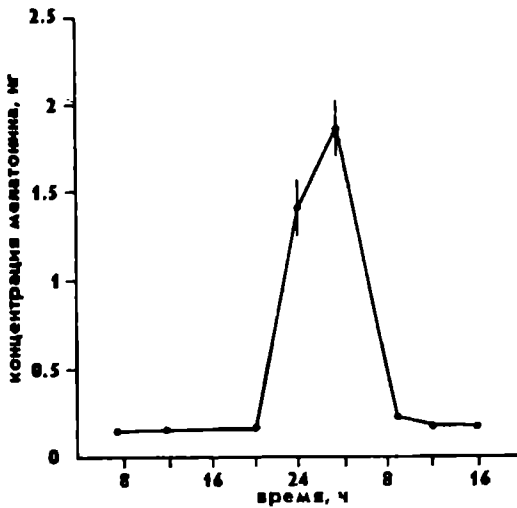
Очень многие бытовые приборы и электросеть в наших домах производят слабые электрические и магнитные переменные поля с частотой 50—60 Гц. Поскольку эти поля существенно слабее статического магнитного поля Земли (около 400—500 мГс) или ее электрических полей, трудно было даже заподозрить, что они могут быть опасны для здоровья, и, естественно, исследования в этом направлении не получали должной поддержки. Следует отметить, что напряженность магнитного поля, создаваемая переменным током частотой 60 Гц, под воздействием которого находятся электрики, составляет всего 4.3 мГс, что весьма близко к характеристикам магнитного поля, например, 33-сантиметрового цветного монитора фирмы "Apple" (4—15 мГс в 30 см от экрана). Таким образом, точка в исследованиях еще не поставлена.

РОЛЬ ВИДИМОГО СВЕТА НА ШИШКОВИДНУЮ ЖЕЛЕЗУ

Подойти к пониманию природы возможного неблагоприятного для здоровья эффекта низкочастотных электромагнитных полей (50—60 Гц) помогли наблюдения за людьми, которые регулярно пользовались электроодеялами. В первые дни ночью у части испытуемых повышался уровень мелатонина (гормона шишковидной железы, или эпифиза) в крови, а затем быстро снижался. Изучение влияния низкочастотного электромагнитного поля на лабораторных крысах дало такой же результат: первоначальный кратковременный подъем концентрации мелатонина ночью сменялся стойким снижением. К настоящему времени выполнено слишком мало надежных исследований, доказы-

³ Wertheimer N., Leeper E. // Amer. J. Epidemiol. 1979. V. 109. P. 273—284.

⁴ Anderson L. E. // Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1993. V. 54. P. 186—196; Savitz D. A., Kaune W. T. // Environm. Health Perspect. 1993. V. 101. P. 368—370; Schreiber G. H., Swaen G. M., Meijers J. M. et al. // Int. J. Epidemiol. 1993. V. 22. P. 9—15.



Суточная динамика уровня мелатонина в эпифизе крысы.

вающих связь между использованием электроодеял и возникновением рака. Однако имеются определенные указания, что применение их беременными женщинами увеличивает число выкидышей.

Здесь необходимо немного рассказать читателю о роли в организме шишковидной железы и ее гормонов. Хорошо известно, что смена дня и ночи — один из самых существенных факторов в живой природе. Хронобиология — наука об изменениях в организме, связанных с ритмами природы, возникнув в давние времена, бурно развивается в наши дни. Накапливается все больше сведений о роли эпифиза как основного ритмоводителя функций организма. Когда мы, просыпаясь, открываем глаза, чувствительные клетки сетчатки, воспринимающие свет, передают информацию о его интенсивности и качестве по нервным путям в эпифиз. Специфические клетки этого "третьего глаза" организма содержат сложную и чутко реагирующую на свет ферментативную систему, которая и обеспечивает синтез мелатонина.

Свет угнетает продукцию и секрецию мелатонина, и поэтому ночью его содержание в эпифизе и крови человека и животных многих видов самое высокое, а утром и днем —

минимальное. Такая особенность ритма эпифиза имеет огромное значение для работы организма, и прежде всего для регуляторных систем — нейроэндокринной и иммунной⁵. Нарушения этого ритма могут повлечь за собой серьезные последствия.

Кроме того, известный американский исследователь Р. Дж. Рейтер⁶ недавно установил, что мелатонин — самый сильный из образующихся в организме естественных антиоксидантов (соединений, защищающих генетический аппарат клеток и их мембраны от повреждающего действия свободных радикалов — продуктов обмена веществ в организме и его взаимодействия с вредными факторами окружающей среды, в том числе ионизирующей радиацией и реальными химическими препаратами). Свободным радикалам придается важная иницирующая, "пусковая", роль в механизмах канцерогенеза и старения. Не касаясь всех аспектов этой проблемы, имеющей большое значение для понимания происхождения многих процессов в организме, остановимся на тех из них, которые сказываются на нас наиболее драматическим образом, а именно, на способности воспроизводить себе подобных и развитию новообразований.

У лабораторных животных (крысы, мыши и хомячки) цикл созревания яйцеклетки очень короткий — четырех-пятидневный. Искусственное продление светового дня на два-четыре часа довольно быстро увеличивает длительность этого цикла и зачастую приводит к его нарушению. Если же для лабораторных животных создать режим круглосуточного освещения, то через некоторое время у подавляющего большинства особей циклическая функция яичников полностью прекратится.

⁵ Анисимов В. Н., Рейтер Р. Дж. // *Вопр. онкологии*. 1990. Т. 36. С. 259—268; Слепушкин В. Д., Анисимов В. Н., Хавинсон В. Х. и др. // *Эпифиз, иммунитет и рак (теоретические и клинические аспекты)*. Томск, 1990.

⁶ Reiter R. J., Tan D. X., Poeggeler B. et al. // *Adv. Pineal Res.* 1994. V. 7. P. 211—228.

Кроме того, уже через несколько месяцев такого режима почти у всех крыс обнаруживают предопухолевые процессы и доброкачественные опухоли в молочной железе и матке, а затем и другие, в том числе и злокачественные, новообразования.

Нарушения менструального цикла — часто важный фактор онкологического риска для женщин, а избыток освещенности — одна из причин его увеличения. Так, известно, что для жительниц ряда экономически развитых стран северного региона характерны нарушения менструального цикла, и они часто страдают от различных предопухолевых заболеваний молочной железы, а также рака молочной железы и матки. В развитии этой патологии ведущую роль придают образу жизни и особенностям диеты. Однако нельзя исключить усиливающего влияния белых ночей и избытка электрического освещения. У добровольцев, которые находились ночью в ярко освещаемом помещении, уровень мелатонина не повышался. Известно, что для тысяч рабочих и служащих, в том числе и врачей, ночной характер работы, увы, реальность.

Особенный вред избыточная освещенность приобретает тогда, когда на организм действуют какие-либо канцерогенные факторы, например, химические или радиационные. Так, введение крысам сравнительно небольших количеств известного канцерогена — 7,12-диметилбенз(а)антрацена (ДМБА) при круглосуточном освещении резко усиливало развитие опухолей молочной железы. Они возникали быстрее и с большей частотой, чем в другой — контрольной — группе крыс, получавших одинаковую дозу канцерогена, но находящихся в обычных условиях. Напротив, если при постоянном освещении подопытным животным вводили мелатонин, рак молочной железы не развивался. Таким же действием обладает и отечественный пептидный препарат эпифиза — эпиталамин, который, как было установлено, стимулирует синтез и секрецию мелатонина эпифизом⁷.

Итак, постоянное освещение, угнетающее продукцию и секрецию мелатонина, — это, безусловно, фактор, способствующий появлению рака молочной железы. Эксперименты на животных убедительно показали, что под влиянием электромагнитных полей с частотой 50—60 Гц содержание мелатонина в крови падало, а пролактин (другого гормона, избыток которого способствует развитию патологических процессов в молочной железе) — напротив, возрастало⁸. Механизм этого явления пока неясен, хотя ряд более или менее правдоподобных гипотез имеется. Однако следует подчеркнуть, что уменьшение мелатонина и повышение пролактина в крови создает именно тот гормональный фон, который способствует нарушению циклической деятельности яичников и возникновению рака молочной железы. В наших совместных с Д. Ш. Бениашвили (Онкологический научный центр, Тбилиси) и Д. Гуптой (Университет Тюбингена, ФРГ) работах установлено, что при одновременном воздействии избыточного освещения и электромагнитных полей (50 Гц) рак молочной железы, индуцируемый у крыс химическим канцерогеном, развивается еще быстрее, при этом количество мелатонина в крови существенно падает, а пролактин — возрастает⁹.

На оператора, работающего за видеотерминалом компьютера, оказывают влияние не только разнообразные электромагнитные поля (в том числе 50 Гц), но и интенсивный свет, который действует на глаза, а, значит, и на эпифиз. Выполненные в нашей лаборатории опыты показали, что в крови

⁷ Анисимов В. Н., Хавинском В. Х., Морозов В. Г. // Успехи совр. биологии. 1993. Т. 113. С. 752—762.

⁸ Reiter R. J., Richardson B. A. // FASEB J. 1992. V. 6. P. 2283—2287; Stevens R. G., Davis S., Thomas D. B. et al. // FASEB J. 1992. V. 6. P. 853—960.

⁹ Бениашвили Д. Ш., Биланишвили В. Г., Менабде М. З., Гупта Д., Анисимов В. Н. // Вопр. онкологии. 1993. Т. 39. С. 52—60; Anisimov V. N., Zhukova O. V., Beniashvili D. Sh. et al. // Adv. Pineal Res. 1994. V. 7. P. 229—234.

крыс после облучения цветным видеомонитором EGA/PC/AT-286 содержание мелатонина уменьшалось, а пролактина повышалось. У мышей привитая опухоль Эрлиха развивалась быстрее, если животных содержали вблизи видеотерминала. Безусловно, такие исследования нужно продолжать, изучая связь между работой женщин в ночную смену или у дисплея компьютеров, частотой нарушения менструальных циклов и частотой развития рака молочной железы.

МЕРЫ ПРОФИЛАКТИКИ

Если избыток освещенности стимулирует развитие рака молочной железы, то темнота (сегодня это можно считать доказанным) угнетает рост этих опухолей. Поставленный природой эксперимент такого рода, увы, довольно жесток. Число людей, родившихся слепыми, а также частично или полностью утративших зрение в раннем возрасте, достаточно велико. Как часто у них появляются опухоли? Обращение к научной литературе, к нашему удивлению, не дало ответа на этот вопрос. Лишь в работе американского исследователя Р. Хана было отмечено, что среди женщин, заболевших раком молочной железы, незрячие встречались в два раза реже, чем среди находившихся в больнице по поводу инсульта или коронарной болезни сердца¹⁰. Когда мы спрашивали коллег по Институту онкологии, врачей городского онкологического диспансера и онкологов поликлиник, часто ли среди их пациентов встречались слепые, то ответ был на редкость единодушным: практически никогда. В тех редких случаях, когда такие больные все же отмечались, слепота оказывалась вторичной, приобретенной в зрелом или пожилом возрасте, либо больной был "злостным" курильщиком.

Эксперимент позволяет более определенно ответить на поставленный вопрос. У самок крыс, потерявших

восприимчивость к свету в раннем возрасте, канцерогены реже индуцируют рак молочной железы. Более того, рост некоторых перевиваемых опухолей у таких мышей и крыс замедляется. Конечно, потеря светоощущения, слепота — состояние экстремальное, и позитивный эффект повышения функции эпифиза в значительной мере нивелируется психологическим и социальным стрессом, в котором живут слепые.

Большой интерес представляют данные о влиянии пониженной освещенности и даже полной темноты на развитие новообразований. А. К. Кураласов в целой серии исследований показал, что содержание крыс в таких условиях существенно тормозит рост перевиваемого рака молочной железы и развитие ее новообразований, индуцируемых канцерогеном ДМБА. Кроме того, обнаружено, что условия темновой адаптации значительно повышают эффективность лечения этих опухолей с помощью уже известных противопухольных препаратов. Исследователь не ограничился экспериментами на животных и применил этот подход в клинике для лечения больных раком молочной железы. Результаты оказались весьма обнадеживающими и вызвали интерес у специалистов. В уже упоминавшихся опытах круглосуточное содержание крыс в темноте не только замедляло развитие у них рака молочной железы, но и устраняло неблагоприятное действие электромагнитных полей.

Все это говорит о том, что спальню лучше устраивать в комнате, наиболее удаленной от уличного освещения, занавешивать окна на ночь плотными шторами и даже надевать на ночь на глаза не пропускающую свет повязку. Темные солнцезащитные очки должны быть не только модным атрибутом во время отпуска на морском берегу, но и во время столь любимого петербуржцами и жителями севера сезона белых ночей. Женщинам, входящим в группу повышенного риска и, тем более, с различными формами мастопатии фиброаденоматоза молочной железы врач тоже должен рекомендовать носить темные

¹⁰ Hahn R. // Epidemiology. 1991. V. 2. P. 208—210.

очки. Думается, что оправданной будет рекомендация не смотреть за полночь телевизор и не оставлять на ночь свет.

Операторам видеотерминалов, особенно женщинам, желательно проводить за ними не более половины рабочего времени, воздерживаться от работы в вечерние часы. Еще более строгие ограничения необходимо соблюдать детям и подросткам, играющим на компьютерах, особенно девочкам в период полового созревания (от 12 до 18 лет), поскольку дети более чувствительны к воздействию любых канцерогенов, чем взрослые. Пока соответствующие исследования не внесут полную ясность в этот вопрос, следует также придерживаться рекомендации американских исследователей располагаться от дисплея на расстоянии вытянутой руки и 1.2 м от боковых и задних стенок других видеомониторов.

Очень важной мерой профилактики неблагоприятных воздействий на здоровье является, безусловно, оснащение видеотерминалов защитными фильтрами. К сожалению, среди множества разнообразных фильтров масса дешевых поделок, которые в лучшем случае уменьшают мерцание экрана и рассеянное отражение. Ослаблять электростатическое и электромагнитное поля могут фильтры более высокого качества с пленочным или специальным оптическим покрытием. По нашим сведениям, сегодня наиболее эффективны защитные фильтры "Ergostar", выпускаемые австрийской фирмой "Ergoline". Они не только устраняют рассеянное отражение, мерцание экрана и убирают блики, но и, согласно результатам тестирования, выполненным Шведским национальным институтом радиационной защиты, почти полностью "гасят" электрическое поле в диапазоне до 100 Гц, ослабляют электрическое поле (на 99%). Кроме того, нам представляется очень важным, что они наряду с увеличением контрастности и четкости изображения на 39—69% (в зависимости от марки) уменьшают воздействие света, т. е. имеют различную степень прозрачности. Так-

же эффективны американские фильтры "Polaroid".

Конечно, исследования возможных вредных влияний видеотерминалов и электрических и магнитных полей на организм находятся только в начале своего пути. Сегодня еще очень много нерешенных проблем, таких как корректность дозиметрии и оценки результатов эпидемиологических наблюдений, воспроизводимость экспериментов на животных и многое другое. Неясно, где грань, отделяющая физические характеристики электрических и магнитных полей, дающих лечебные и, напротив, вредные эффекты.

В 1994 г. конгресс США выделил 65 млн. долл. (на пять лет) на исследования неблагоприятного действия переменных (60 Гц) электромагнитных полей на здоровье. В условиях экономического кризиса в нашей стране, когда финансирование науки постоянно сокращается, абсолютно необходимо создание аналогичных, поддерживаемых государством и, возможно, другими источниками, программ. Здоровье нынешнего и будущих поколений — достаточный аргумент для этого.

Хочется закончить статью словами американского исследователя Р. Рейтера: "Одна черта, характеризующая исследования влияния электромагнитных полей на организм, может быть обозначена как "феномен Чеширского кота". Иногда мы, подобно Алисе в Стране чудес, отчетливо наблюдаем определенные эффекты, в то время как в других аналогичных экспериментах они менее очевидны или вообще исчезают".

Напомним читателю, что если цивилизация подразумевает прогресс для человечества, то цивилизованность — разумное пользование теми благами, которые она дает. Без компьютеров уже трудно представить современный мир и, тем более, завтрашний. Наша задача — предупредить человечество, что пренебрежение простыми мерами предосторожности при работе с ними грозит весьма неблагоприятными последствиями для здоровья.

“Настоящий путь человека — творчество”

К 100-летию со дня рождения В. В. Шулейкина

К. В. Шулейкина-Турпаева,
доктор биологических наук
Институт высшей нервной деятельности
и нейрофизиологии РАН
Москва

В январе 1995 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Василия Владимировича Шулейкина, создателя нового научного направления — физики моря, которая в отличие от классической океанографии пользуется методами экспериментальной и теоретической физики.

Василий Владимирович родился 1 (13) января 1895 г. в Москве, в семье служащего Попечительства народных училищ. Еще во время учебы в Реальном училище Н. Г. Бажанова, увлекаясь физикой и математикой, он мечтал о превращении водной энергии в электрическую. После окончания училища в 1912 г. поступает в московское Императорское техническое училище (будущее МВТУ) на факультет гидроэнергетики. Здесь большое влияние на Шулейкина оказали Н. Е. Жуковский и П. П. Лазарев. Оканчивает училище в 1917 г. и остается в нем для подготовки к профессорскому званию. Почти одновременно начинает работать в Институте физики и биофизики, где вскоре становится заведующим геофизическим отделом.

Уже первые экспедиционные исследования Шулейкина в Черном море — оптические измерения с целью определить природу меняющейся окраски моря — навсегда определяют его путь в науке. С тех пор Шулейкин занимается широким кругом физических явлений в море.

Наладив контакт с Плавучим морским научным институтом, на его судах с 1921 по 1927 гг. он исследует цвет Белого, Баренцева, Карского морей, природу морских волн и способы их измерения, теплообмен между морем и атмосферой, влияние океана на климат и погоду.



ВАСИЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ШУЛЕЙКИН
(1(13). 1.1895—25.4.1979).

Понимая, что экспедиционные исследования всегда эпизодичны, в 1929 г. основывает на берегу Черного моря в пос. Качивели первую в мире стационарную

морскую гидрофизическую станцию. Здесь, в условиях близких к открытому морю, из инструментальных наблюдений за волнением, тепловым состоянием, теплообменом между морем и атмосферой в природе и на экспериментальных установках закладывается фундамент всех разделов физики моря. В дальнейшем Черноморская гидрофизическая станция (ЧГС) становится Черноморским отделением Морского гидрофизического института в Москве, также созданного Шулейкиным, — он был его первым директором. На ЧГС проходили практику студенты кафедры физики моря МГУ, и эту кафедру основал тоже Шулейкин.

Еще в 30-х годах Василий Владимирович высказал идею о неразрывной связи процессов, протекающих в атмосфере и океане. На протяжении всей жизни он подчеркивал необходимость изучения газовой и водной оболочек планеты. В сложном комплексе тепловых и динамических процессов, определяющих погоду и климат, Шулейкин выделил "тепловые машины" пяти родов (см. статью С. С. Лаппо в этом номере). Изучая работы "машин", общий режим которых он считал климатом, ученый работал над теорией муссонов, термобарических сейш, ураганов, вычислял тепловые потоки, приносимые в атмосферу с океана и т. п.

Многие годы жизни Шулейкин посвятил изучению волн, создав теорию их рефракции на материковой отмели, ставшую основой для дальнейших теоретических исследований и практических гидростроительных расчетов. Законы развития и затухания волн, их кинематика и динамика, составляющие энергетического баланса изучались им в Кадивели на специальной установке — в штормовом бассейне, спроектированном самим Шулейкиным и построенным в 1953 г.

Не оставил исследователь и гидрооптические работы, построив на их основе ставшие классическими индикатриссы рассеяния света в толще воды, изучал электрические токи в морях и в высоких слоях ионосферы. Его идея о влиянии океана на магнитное поле Земли остается актуальной и сегодня. Продолжаются начатые им морские электромагнитные исследования.

Шулейкин поистине был физиком широкого профиля — он исследовал явления, лежащие на стыке молекулярной физики и гидродинамики (кинетическая теория испарения воды, теория гашения морских волн вязкими пленками), имел работы в области биофизики (теория полета летучих рыб, механизм движения рыб). Систематически не занимаясь акустикой, обнаружил явление, получившее название "голос" моря.

Василий Владимирович был настоящим новатором в области моделирования многих процессов в атмосфере и океане. Под его руководством были сделаны модели автоколебательной конвективной системы в жидкой среде, "электрическая" модель для анализа поля температуры, специальный глобус с медными морями для изучения влияния электрических токов.

Участник и руководитель многих экспедиций на научно-исследовательских судах, он прошел северными и южными морями, плавал по Индийскому, Тихому, Атлантическому океанам. К началу третьего Международного геофизического года добился постройки специального геофизического судна "Михаил Ломоносов".

Шулейкин написал и опубликовал около 400 научных работ, был избран членом-корреспондентом АН СССР в 34 года, в 1946 г. стал действительным членом Академии, имел учеников и последователей. Он был истинным патриотом — добровольно пошел служить в армию во время второй мировой войны. Человек бесконечно преданный науке, Шулейкин обладал многими талантами — серьезно увлекался музыкой, живописью, поэзией. Творческая натура Шулейкина проявлялась во всем, чем бы он ни занимался. В одном из его писем есть такие слова: "Настоящий путь человека — творчество, все равно, творчество артиста и рабочего, физиолога и механика, химика и стеклодува, инженера и композитора..." (1943).

Мы предлагаем вниманию читателей очерк, написанный дочерью В. В. Шулейкина, в котором, как нам кажется, заметно это главное качество его натуры.

О СЕНЬЮ 1994 г., в преддверии 100-летнего юбилея отца, дирекция Черноморского отделения Морского гидрофизического института АН Украины пригласила меня в Кацивели. По воле судьбы меня поселили в бывшей моей комнате той квартиры, где наша семья прожила до войны и первые послевоенные годы. Казалось, я вот-вот услышу за стеной стрекот пишущей машинки: отец уже встал и работает в своем кабинете... Как давно это было, но память живо хранит детали, звуки и запахи далеких лет...

История Кацивели начиналась задолго до войны... "Третьего июня 1929 г. на пустынном Кекенеизском мысу высадились несколько человек с моторного катера ялтинского порта. Среди дюжины домов, поврежденных землетрясением, зиявших глазницами выбитых окошек, стоял один, наполовину разрушенный, наполовину целый. В него были перенесены с катера ящики с приборами, чемоданы с личными вещами, и на другое же утро началась жизнь Черноморской гидрофизической станции" (В. В. Шулейкин. Из доклада на 20-летнем юбилее ЧГС. 1949 г.). А вот тот же автор:

Там, за Кошкой — вид пустынный,
Сполз широкою долиной редкий лес.
Только взгляд откроет зоркий,
Как белеет на пригорке ЧГС. (1933)

Первоначально на станции работало три человека. Заведующий В. В. Шулейкин, наблюдатель М. Г. Волобуев и сторож, он же — матрос Миша Попов. С тех пор половина, а иногда и большая половина дней в году, принадлежала Кацивели. В кацивелийской квартире на стене висел календарь, на котором отец отмечал дни, прожитые там.

Создание коллектива, руководство научной работой, бесчисленные хозяйственные заботы поглощали его беспределно. Но он не был бы самим собой, если бы не находил резервы и для других занятий. Летом вставал с рассветом, в пять—шесть утра, и до восьми занимался музыкой. А в сумерки было принято выносить стулья на "мостик" (подразумевалось — "капитанский мостик") — площадку у кабинета, через которую проходила узкая железная лестница, ведущая на второй этаж здания и далее на крышу, где размещались приборы. Отец со своей женой Валентиной Семеновной Лукьяновой, а часто и я, долго сидели на "мостике", любясь открывавшейся панорамой на Лименскую бухту, гору Кошку, скалы Симеиза и отвесную грядку Яйлы, увенчанную Ай-Петри.

Благоговейное отношение к морю пронизало всю нашу жизнь. День Военно-морского флота был "престольным праздником" в Кацивели. В празднике, основным организатором которого был отец, с большим энтузиазмом принимало участие все население. В обязанность детей входило украшение конференц-зала зеленью и цветами. В этот день разрешалось залезать на деревья, чтобы сорвать немного веток сосны и цветущей лжемиозы. Венец праздника — концерт. Он устраивался своими силами, но многие номера звучали достаточно профессионально. Выступал камерный квартет: первая скрипка — В. В. Шулейкин; вторая скрипка — сотрудник ЧГС С. П. Левченко; фортепьяно — Г. В. Неуймин, директор Симеизской обсерватории. Пела Валентина Семеновна, обладавшая прекрасным меццо-сопрано. Стихи читал А. М. Гусев. А мы — дети — танцевали. В такой день, конечно же, "яблочко".

Был еще один "центр кристаллизации" коллектива — воскресные экскурсии. И здесь инициатором и главным участником был отец. Ранним утром к первому корпусу подавалась единствен-



В форме студента Императорского технического училища с отцом Владимиром Васильевичем. 1915 г.

ная в поселке машина — полуторка, ведомая всеобщим любимцем Колей Бондаренко. Все участники размещались на деревянных досках — сиденьях — и, овеваемые теплым крымским ветерком, отправлялись в путь. Иногда мы с вечера приезжали в Алушту, ночевали на турбазе в бывшем Космодемьянском монастыре, а на рассвете лесами Алуштинского заповедника поднимались на Яйлу и шли к Ялте. Фигура отца смотрелась очень колоритно. В неизменном белом кителе, фуражке или берете от нее, в белых брюках, он размеренно шагал, как бы отмеряя циркулем пройденное расстояние. Он не торопился, не останавливался, но всегда оказывался впереди. На промежуточных привалах никогда не садился и не пил воды. Эта привычка долго сохранялась и у меня.

В один из таких походов, перед спуском в Ялту, нас застигла непогода. Мы были в лесу, от шквального ветра и, главное, от бомбардировки громадными градинами не спасали даже высокие крымские сосны. Я очень испугалась за отца, но он придумал

прекрасную защиту для своей головы, надев на лысину пустую кастрюлю. Как сейчас вижу возвышавшуюся над всеми его долговязую фигуру с кастрюлей на голове и слышу звук бьющих об эту посудину градин.

Война застала нас с папой в Кацивели — я приехала туда сразу после окончания занятий в школе. В 1941 г. отцу исполнилось сорок шесть лет. Он был директором Черноморской гидрофизической станции, членом-корреспондентом АН СССР и мобилизации не подлежал. Однако с первых же дней войны он стал настойчиво добиваться призыва во флот. Поэтому июль — август 1941 г., кроме ночных дежурств, связанных с символической ловлей шпионов, и наблюдением немецких самолетов, иногда разворачивавшихся над нами перед атакой Севастополя, запомнился почти ежедневными хождениями на симеизскую почту с письмами отца в военные и правительственные инстанции. Длительное время он получал только отказы. Наконец, примерно в сентябре, пришел вызов в Москву.

Отца командировали в Гидрографическое управление ВМФ, и первое время он находился в Адмиралтействе в Ленинграде. Затем его направили в Соломбалу (пригород Архангельска), и там некоторое время отец работал на маяке. Соломбала памятна ему еще с 20—30-х годов по экспедициям на “Персее”. А в 1941 г. здесь ему была поручена теоретическая и экспериментальная проверка безопасной толщины морского и озерного льда. Результаты стали широко известны военным морякам и использовались при разгрузке караванов судов, приходящих по ленд-лизу северными морями, а также пригодились, когда прокладывали Дорогу жизни из осажденного Ленинграда.

В “Блокадной книге” А. Адамовича и Д. Гранина, в том месте, где идет речь об организации дороги по Ладожскому озеру, я наткнулась на упоминание об этих исследованиях отца: “...на севере нашей страны, в Белом море, войска уже проводили по льду. В проводке войск по льду там



В середине 20-х годов.

участвовал знаменитый наш ученый — академик Василий Владимирович Шулейкин. Ему принадлежит первая разработка теории проходимости машин... по льду морскому, соленому. Он разработал впервые в мире таблицы для расчета нагрузок на квадратный сантиметр светлой поверхности льда¹.

После войны все помыслы, всю энергию отец сконцентрировал на восстановлении Черноморской гидрофизической станции в Качивели, колор я была полностью разрушена. Он приехал туда сразу же после освобождения Крыма, в мае 1944 г., и быстро организовал восстановительные работы. В то первое лето строили военнопленные. Одновременно начались и научные исследования. Летом 1945 г. наша семья и сотрудники ЧГС поселились в двух километрах от Качивели, в Симеизе на даче "Нора". Мы жили в

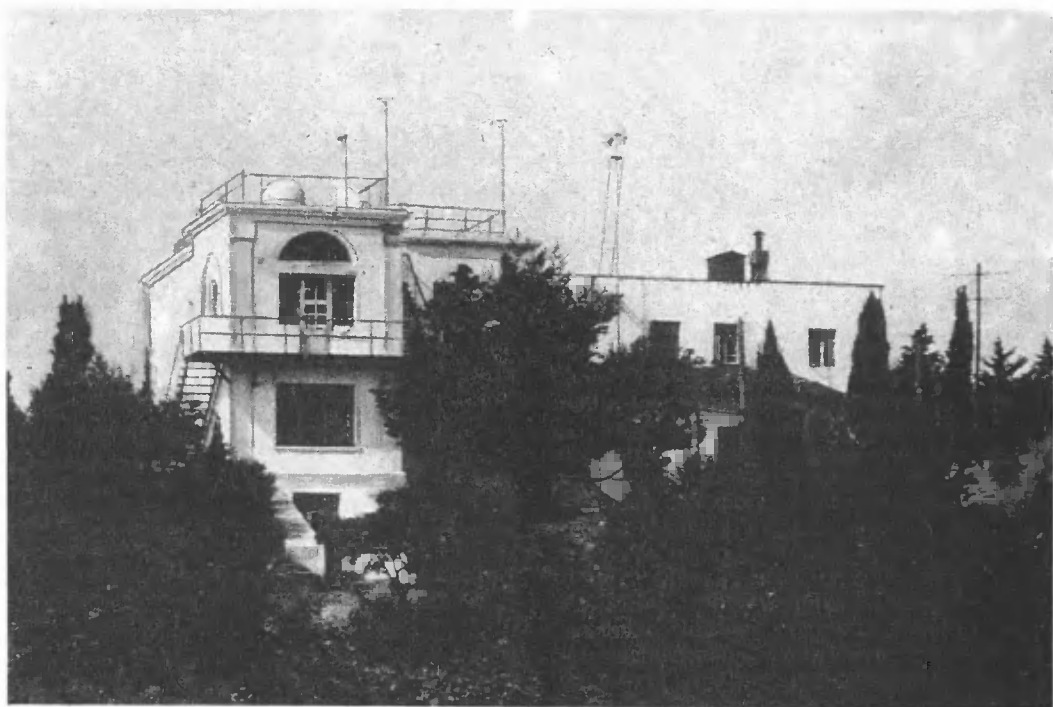
небольшой комнатке с балконом на третьем этаже.

Работал отец очень много. Он так углублялся в свои занятия, что если его отвлекали, просто свирепел. В Москве мы долго жили в большой коммунальной квартире на Басманной, и соблюдать тишину было не так просто. Свои черновые записи он вел в больших тетрадях, типа амбарных книг. Некоторые из них предварительно специально переплетались. Писал он в этих тетрадях карандашом. Пользовался и пишущей машинкой: печатал двумя пальцами, но очень быстро и сразу "из головы". Так, сразу он написал свои объемистые путевые дневники экспедиций на "Седове" и "Ломоносове" и, по-моему, — "Дни прожитые".

Во время занятий, он часто звонил кому-нибудь из знакомых математиков и долго консультировался по телефону. Вообще, заклинание "Де-дельта по Де-те" и стрекотание пишущей машинки были звуковым фоном моего детства. Вечерами в доме звучали исполняемые отцом фортепьянные мелодии из Мусоргского, Римского-Корсакова и Грига.

Очень характерным для него было желание поделиться с близкими сокровенным. Вся жизнь, в том числе и в последние годы, он выносил на обсуждение семьи свои новые идеи, готовые к печати, или выходящие в свет статьи. Когда они с Валентиной Семеновной приезжали из Качивели, наша встреча начиналась с подробного перечисления всех событий и новостей о сотрудниках станции, сопереживались их радости и беды. Очень хорошо помню, как на семейных "коллоквиумах" (мачеха — вокалистка, мой муж, сын и я — биологи) обсуждались проблемы термобарических сейш, теория тропических ураганов, поведение капли воды в невесомости, природа Красного пятна на Юпитере. Иногда эти обсуждения мне казались трудноватыми для понимания и не всегда необходимыми. Но сейчас, по прошествии лет, я оценила их истинную значимость для нас, слушателей. Такие обсуждения формировали неповтори-

¹ Новый мир. 1981. № 11. С. 93—95.



Фасад главного корпуса Черноморской гидрофизической станции. На втором этаже слева — кабинет В. В. Шулейкина, лестница ведет на "мостик". Кацивели, конец 40-х годов.

Сотрудники ЧГС у цветущей глицинии. Кацивели, конец 40-х годов.





С Иней Утиной и Кирией Шулейкиной (в центре). 1947 г.

Штормовой бассейн в Кацивели.

мый климат в семье, воспитывали (и воспитали!) наше собственное отношение к науке.

Отец любил называть себя не естествоиспытателем, а испытателем природы. Мне кажется, что это качество было основным стержнем его как ученого, питавшим и окрашивающим все его творчество.

Думается, что самую значительную роль в формировании отца сыграли два человека. Это — мой дед Владимир Васильевич Шулейкин и Лев Мельхиседекович Кречетович, преподаватель естествознания в Реальном училище Бажанова, широко образованный человек. Именно они привили отцу стремление облечь в причинно-следственную связь, понять и описать то, что вытекает из наблюдений в природе, любовь и пылливое отношение к ней.

Меня никогда не переставало удивлять в отце, что он знает название цветов, трав, кустарников и деревьев (часто латинские), породы, голоса и повадки птиц — часто лучше меня, биолога, учившегося в университете.

Не менее удивительно и его подчас восторженное чувство красоты. Вот отрывок из письма, написанного мне из Кацивели 3 мая 1951 г.: "Погода — совершенно летняя, жаркая, ясная, солнечная, тихая. Море —

перламутр. Птицы стараются так, как я еще не помню, когда. Под самым твоим окном щелкает соловей. Он работает не только по вечерам и по ночам, как положено его специальности, но не стесняется выступать на общедоступных утренниках и дневных концертах, вместе с зябликами и щеглами... К вечеру вступают черные дрозды, но их почему-то в нынешнем году слышно меньше, чем обычно. Зелень всюду обворожительная, травы поднялись на высоту роста своими колосьями. Все кругом цветет. По лужайкам рассыпаны какие-то диковинные мелкие цветочки из мотыльковых, вроде вики. Глициния своими громадными гроздьями нахлынула на фасад главного здания, как какая-то волна, всплеснувшая до самой крыши".

Стремление отца привить мне свое отношение к природе я чувствовала с ранних лет. В доме у нас всегда жило всякое зверье. Любимицей его была белка Бобка, водившая с ним большую дружбу. А еще раньше у нас жила чижиха, совсем ручная, и, когда отец печатал на машинке, усаживалась на перекладину и каталась вправо-влево при размещении каретки. Но птичка внезапно умерла и отец затеял патолого-анатомическое вскрытие. Мы установили кровоизлияние в



мозг (под черепной костью темнепа заметная гематома). По настоянию отца я написала об этом в журнал "Юный натуралист" и получила ответ, в котором подтверждалась вероятность нашего диагноза. Не берусь судить, кто из нас больше радовался этому ответу, — он или я.

Когда мне было лет двенадцать, отец предложил в Кацивели еще одну "совместную работу". Он давно обращал мое внимание на то, какие огромные тяжести, по сравнению с весом собственного тела, способны перетаскивать муравьи, и предложил сперва экспериментально, а затем математически попытаться вычислить мощность муравья. И работу эту мы выполнили, хотя она и казалась мне в то время скучной из-за, увы, природной тупости по части точных наук.

Тем не менее, отец постоянно прививал мне любовь и к физике. Отвечая на мое письмо, где я говорю о трудных школьных уроках он пишет: "...в будущем ты увидишь много поразительных картин природы, во время опытов по физике. Ты увидишь, например, своими собственными глазами, как рушатся, гибнут, разбиваются вдребезги целые миры, целые планетарные системы внутри молекул и атомов, — когда в них ударяются бы-

стро мчащиеся частицы радиоактивных элементов (так называемые альфа-частицы). Когда рушится такая крошечная внутриатомная планетная система, целый маленький мирок, — то в приборе, перед твоими глазами, происходит короткая вспышка голубого света, как бы прощальный сигнал бедствия" (24.10.1939).

А вот — о другом явлении природы. "Сегодня день — замечательный по погоде. Начался он с того, что на небе появились свинцово-бурые тучи, быстро мчавшиеся с запада. Я на них не обратил большого внимания, сел после утреннего чая позаниматься. Вдруг — слышу где-то грохот, словно кто-то волочит какую-то тяжесть и гремит ею по полу и по крыше. Случайно взглянул в окно и обалдел: кругом валились с неба какие-то белые куски очень больших размеров. Один из них упал на мостик против моего кабинета, и я увидел, что это градина длиной около 7-ми сантиметров и диаметром около 4-х сантиметров, яйцевидной формы... Я попытался тебе нарисовать ее поперечное сечение, с узором на нем. Замечательно ведь вот что: расположение водяных молекул (и их составных частей) во льду таково, что содержит правильные шестиугольники (потому-то и снежинки имеют форму шестиугольных звездочек).

Здесь, на этой замечательной льдинке, во всей красе выплыли особенности водяных молекул: как будто удалось подсмотреть их расположение простым глазом!" (30.10.1939).

Отношение отца к искусству, как и к природе, было крайне активным, лишенным "физико-технического чванства". Музы не оставляли его всю жизнь. Отец безусловно владел даром письменного слова, о чем свидетельствуют его письма и книги, прежде всего — "Дни прожитые". Он был прекрасным оратором, никогда не пользовался в своих выступлениях бумажками. Всю жизнь слогал стихи и рисовал. Наконец, он писал прекрасную музыку. Способности отца как художника чаще всего проявлялись в области графики. Он всегда сам выполнял все чертежи, схемы и рисунки к своим научным публикациям. Сохранилось много иллюстраций к стихам, шуточным рисунков. Писал отец и акварели — "Пахтусов в Югорском шаре", "Ночь на Лысой горе". Последняя вещь навеяна романтическими ассоциациями, возникшими при слушании одноименной симфонической картины любимого им Мусоргского.

Сосуществование всех этих дарований в одном человеке приводило к достаточно редким сочетаниям. Свои рукописи он часто иллюстрировал собственными рисунками. На юбилейном вечере в московском Доме ученых в первом отделении он читал научный доклад, а во втором звучала музыка Шулейкина, исполнялись романсы на его стихи. Музыка вошла в жизнь отца с детских лет. Мой дед, Владимир Васильевич, истинный меломан, играл на скрипке и немного сочинял. Из своих друзей он собрал дома смычковый квартет. Сына он обучил игре на скрипке, для чего пригласил опытного педагога, и вскоре Вася Шулейкин стал участником домашних музыкальных вечеров. Поступив в техническое училище, мой отец стал членом студенческого симфонического оркестра и исполнял партии первой скрипки. А после окончания училища, оставшись там для подготовки к

профессорской деятельности, даже выполнял обязанности дирижера.

Как исполнитель отец предпочитал рояль, играл, правда, на нем неважно, но для меня слаще музыки не существовало. До сих пор помню звучание в его исполнении "Шествия гномов" и "Песни Сольвейг" Грига, "Рассвет на Москва-реке" и "Ночь на Лысой горе" Мусоргского, "Сечу при Керженце" Римского-Корсакова. Это музыка моего детства.

Музыкальные вкусы отца были типичными для его поколения. Он тяготел к композиторам Могучей кучки, любил слушать Мусоргского, Римского-Корсакова, Бородина. Конечно, Чайковского и Рахманинова, Грига, Бетховена, Шопена. Из современных композиторов — Шапорина, Свиридова. Некоторые произведения Прокофьева, Шостаковича он не принимал. Отец был страстным, благодарным слушателем музыки. На концерты полагалось приходить заранее, чтобы проникнуться атмосферой концертного зала и обязательно успеть услышать разноголосье настраивающихся инструментов и, наконец, долгожданное "ля" гобоя, завершающее подготовку.

Эти первые встречи с музыкой наложили отпечаток и на всю мою последующую жизнь.

Я уже упоминала концерт струнного квартета ЧГС. Этот маленький очаг культуры, душой которого был Василий Владимирович, притягивал не только любителей музыки из соседнего Симеиза, Симферополя, Севастополя и Москвы, но и профессионалов. Например, на одном из концертов, помимо солистов ялтинской филармонии, выступал Юрий Брюшков (1965). Все это, конечно, играло огромную роль в формировании духовного климата в Кацивели.

Однако самым главным в музыкальных наклонностях отца был его собственный композиторский дар. Он написал целый ряд камерных и симфонических произведений. Это "Тревоги" (1923), "Ноктюрн" для симфонического оркестра (1922), "Былину" для струнного оркестра (1922), впервые исполнен-

ную в том же году симфоническим оркестром МВТУ. Дирижировал сам отец.

В начале 50-х годов отец берется за симфонию "Степная", навеянную песнями и пейзажами милой его сердцу Украины. Интересно, что в архиве Василия Владимировича удалось обнаружить листок с нотными записями и с его экслибрисом, озаглавленный рукой отца <"Серед степу" (не швідко) 1916">. Можно предположить, что идея подобного произведения вынашивалась им с тех далеких лет. Чтобы компенсировать отсутствие профессионального музыкального образования, он начинает посещать семинар в Доме композиторов, организованный для самодеятельных музыкантов. Следуя особенностям своей натуры, отец не считал себя вправе заниматься музыкой за счет служебного времени. Поэтому, когда он находился в Кацивели — а симфонию он писал преимущественно там, — вставал на рассвете и сочинял музыку, а к восьми утра шел на работу.

По словам киевского музыковеда В. Довженко, в период с 1953 по 1978 г. симфония "Степная" исполнялась несколько десятков раз.

Василий Владимирович написал несколько романсов на собственные стихи: "Ночью" (1923), "У моря" (1935), "Пришло письмо" (1939), "Радуга". Это — мелодичные лирические миниатюры, где музыка и текст органически соединены.

Романсы отца звучали в основном в прекрасном исполнении Валентины Семеновны. А один из них исполнил сам И. С. Козловский. Отец трепетно относился к воспроизведению своих сочинений, хотя никогда не говорил об этом, страдал, когда они звучали реже, чем ему хотелось.

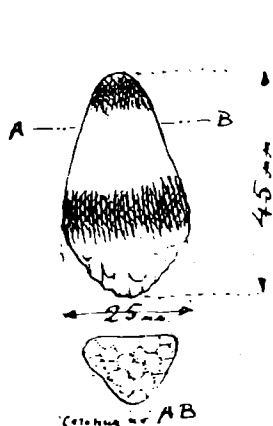
Навещая отца в последние годы, мы обязательно слушали его музыку. К этому времени в доме появился магнитофон — громоздкий агрегат, постоянно рвущий пленку. Неизбежными были томительные минуты, когда отец, страшно нервничал, воевал с капризным устройством, наматывая и

перематывая пленку и отлаживая звук. В семье сохранились магнитофонные записи и авторские партитуры романсов, камерных произведений и симфонии Шулейкина. Меня не оставляет надежда, что когда-нибудь они будут заново открыты и заслуженно оценены.

Писать стихи Василий Владимирович начал с детства. Сохранилась школьная тетрадка, где рукой десятилетнего автора карандашом написано: "Вася Шулейкин. 1905 год. СТИХОТВОРЕНИЯ". Среди сохранившихся стихов взрослого Шулейкина много шуточных. В стихотворении "Происшествие на квартире математика", написанном в 1918 г. после окончания МВТУ, когда отец вел практические занятия со студентами по математическому анализу, речь идет об ограблении "неким джентельменом" "магистра Н", у которого вор не обнаружил ничего, кроме бумаг.

А вот — в углу какой-то хлам:
Листов измятых много там.
И разобравшись в том старье,
Нашел он длинный РЯД ФУРЬЕ,
Пять дюжин ТОЧНЫХ КВАДРАТУР
и ПАРАЛЛАКС звезды Арктур...

Но больше всего в архиве отца маленьких стихотворений, посвященных близким, сотрудникам, студентам кафедры физики моря МГУ, приуроченных к каким-то праздничным датам. В 20-е годы, когда жизнь отца была тесно связана с Плавучим морским научным институтом и его экспедиционным судном "Персеом", он написал массу шуточных стихотворений, адресованных коллегам. Как-то у нас дома устраивалась "Плавморинская елка" с кукольным театром. Для нее отец сочинил около 30 стихотворных подарков. Не знаю, все ли куклы делал отец, но одна из них, великолепно выполненная его руками из папье-маше, портретно изображала директора института И. И. Месяцева. Ему же посвящены такие строки:



Вот ее приморский вид.

Конечно, надо тебе вообразить, что это — как бы "негатив": там где затемнено, — на самом деле бел и цвет.

В этих местах градина была совершенно непрозрачна, сахарно-белая. В остальных местах она была прозрачна, как стекло. В верхней части, как и в боках ее были совсем гладкие. Напротив, в нижней — неровные, бугристые.

Рисунок и описание градины, упавшей на подоконник. (Качивели, из письма от 30.10.1939 г.)

Валентина Саванова Агиларовой

У МОРЯ

Andante

Canto. *Вас. Шулейкина 1935*

Andante

Piano

М. К. бай ро-ди амь на ть.

ро-кой баа-мь о тьр ра-ам-уа баад-тэй на-оу ро-ло дой. От-но-

то ло по-ум-ру, как за-ла-цет при-дой. — буд-то

пас-ни род-ни — а та-та чь-дта-ср мь... А как-

Agitato

Авторская партитура романа "У моря" (1935).

Афиши концертов, на которых исполнялись произведения В. В. Шулейкина (1972, 1975, 1978).

Уважаемый товарищ!

**МОСКОВСКИЙ ДОМ УЧЕНЫХ АН СССР
ПРИГЛАШАЕТ ВАС НА
КОНЦЕРТ**

**лауреата всесоюзного
и всероссийского фестивалей
художественной самодеятельности**

**НАРОДНОГО
СИМФОНИЧЕСКОГО ОРКЕСТРА ДОМА УЧЕНЫХ
при участии**

УВАЖАЕМЫЯ ТОВАРИЩИ

**Московский Дом ученых
Академии наук СССР
приглашает Вас
на КОНЦЕРТ**

**Лауреата Всесоюзного
и Всероссийского фестивалей
художественной самодеятельности**

**НАРОДНОГО СИМФОНИЧЕСКОГО
ОРКЕСТРА ДОМА УЧЕНЫХ**

**МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ УССР
КРЫМСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ФИЛАРМОНИЯ
ОБЩЕКУРОРТНЫЙ ДОМ КУЛЬТУРЫ**



**Лауреат Всесоюзного конкурса
СИМФОНИЧЕСКИЙ ОРКЕСТР
КРЫМСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ФИЛАРМОНИИ**

**Ялта, театр им. А. П. Чехова
3 февраля 1978 года**

I отделение

**В. ШУЛЕЙКИН — Симфония «Степная» I и IV части
РАХМАНИНОВ — 2-й концерт для ф-но с оркестром
Соллист кандидат технических наук
И. ВАШМАКОВ**

II отделение

ГРИНШТЕЙН — Симфония IV часть

программа концерта:

I отделение

**К 70-летию композитора академика В. В. ШУ-
ЛЕЙКИНА исполняется «Степная» симфония**

РИМСКИЙ-КОРСАКОВ — две арии Снегурочки из оперы «Снегурочка» в исполнении кандидата исторических наук К. ЦЫБИНОВ

Русская народная песня «Ай, во поле липовый» в исполнении хора Дома ученых



ПРОГРАММА

I отделение

- В. Шудейкин — Симфония**
 - I часть — Старый сказ
 - II часть — В Диклянке
 - III часть — Песни в степи
 - IV часть — Финал
- С. Калужный — Керченские зарисовки**

II отделение

- П. Чайковский — Арии из опер**
 - Фрагменты из балетов:
 - «Лебединое озеро»,
 - «Спящая красавица»,
 - «Щелкучик»





В рабочем кабинете. Вверху слева — три картины, написанные отцом В. В. Шулейкина. На фотографиях — штормовой бассейн в Кацивели, корабли “Георгий Седов” и “Михаил Ломоносов”. Москва, 1977 г.

Ах, без любви — что радость в
жизни сей,
И что утешит мя на жизни склоне?
Да сгинут женщины. Да здравствует
“Персей!” (Илларионе).

А вот стихотворение в адрес
Л. А. Зенкевича:

Я так хочу: чтобы раскрыв свой
жадный зев,
Для изучения и показу,
Все дночерпатели, и сразу,
Со дна морского, все презрев,
Всю кверху подняли заразу.
(Зенкевич Лев.)

Стихи сопровождали и плавания на
“Персее”. В 20-х годах во время

экспедиции в Карском море он писал:

Что ни день, то новая напасть,
Что ни час, готовишься к интригам:
Вот никак на лед нам не напасть
Там, где “льды дремучие”

по книгам!..

О, скорей — депешу в Госиздат.
Мы рассеем ложь энциклопедий:
В этом море льдов нельзя и ждать,
Вместо них здесь плавают... медведи!

Отец любил поделиться с близкими своими сомнениями или радостями. Но существовали темы, на обсуждение которых было наложено негласное табу. На меня произвело глубокое впечатление, как он держался в один из наиболее драматичных периодов своей жизни, при отстранении от директорства в Морском гидрофизическом институте (1957). Молчаливое достоинство, с которым он принял отставку, вызывало глубокое уважение. Я ни разу не услышала от него ни

слова жалобы, ни признаков озлобления. Выселенный из служебного кабинета и квартиры в Кацивели, отец перевез вещи в Симеиз и несколько лет снимал там частную квартиру. Работал в штормовом бассейне, добраясь до него из Симеиза пешком.

Василий Владимирович не обладал покладистым характером. Он был вспыльчив, иногда несправедлив. Суждения о людях у него чаще всего были полярными: или очень хорошо, или очень плохо. Его жестокость, имеющая в основе только фанатическую преданность науке, не всегда находила понимание у окружающих. Будучи человеком широких интересов, он тем не менее ревниво относился к “боковым” увлечениям своих сотрудников.

Особенно ревностным было его отношение к Кацивели. Я помню случай с очень милой, интеллигентной сотрудницей, работавшей в Москве и впервые приехавшей к нам на станцию. Предвкусная, как она разделяет его восторг перед красотами Кацивели, он подвел ее к мысу, где открывалась знаменитая панорама на Лименскую бухту, и взволнованно спросил: “Ну как?” Она ответила: “Ничего...” Отец никогда не смог ей этого простить.

И еще он не терпел просто отдыхающих. Тогда только начинали носить шорты, и он припечатал отдыхающих курортников словом “трусоносцы”. А построенный в Кацивели Дом творчества ученых иначе как “Домом ПРИтворчества” не называл.

...В 1978 г., на 83-м году жизни, отец заболел. Он стал быстро слабеть и, по-видимому, предчувствовал приближающийся конец. В течение всех этих месяцев он ежедневно, с утра до вечера, форсированно готовил третье, сильно переработанное издание “Очер-

ков по физике моря”. Привыкнув все делать собственными руками, он и теперь правил, перепечатывал и монтировал текст, дорисовывал и оформлял иллюстрации, ни разу не обратившись за помощью к близким. (Несмотря на все мои попытки — неоднократные обращения в Президиум АН СССР и в дирекцию издательства “Наука”, — весь этот труд пропал даром. Книга так и не вышла.)

В начале 1979 г. отца положили в больницу. В том же году, 10 апреля, в Крыму должно было торжественно отмечаться 50-летие Морского гидрофизического института. Отец тщательно готовился к этой дате, вел активную переписку, рассчитывая поехать и сделать доклад на научной сессии. Но время шло, сроки юбилея приближались, разговор о Кацивели поднимался все реже, и первого апреля, приняв, очевидно, окончательное решение, отец продиктовал мне текст телеграммы в Кацивели и в Севастополь, не делая пауз и не поправляясь: видимо, у него было достаточно времени, чтобы обдумать все заранее... Вот отрывки из нее:

“Много видала Черноморская гидрофизическая станция и выросший из нее Морской гидрофизический институт. Одно было неизменно: энтузиазм сотрудников в стремлении построить советскую физику моря, глубокую и содержательную, яркую и доходчивую по форме...”

Оглядываясь назад, вижу, какую значительную эстафету мы с вами передали нашим продолжателям в отечественной науке...”

Юбилей состоялся без него, 10 апреля 1979 года. После этого Василий Владимирович прожил еще пятнадцать дней.

Механизм меж океанского обмена теплом и солями

С. С. Лаппо



Сергей Сергеевич Лаппо, доктор физико-математических наук, заместитель директора Института океанологии им. П. П. Шишова РАН, заведующий кафедрой океанологии географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Ученик В. В. Шулейкина. Область научных интересов — процессы взаимодействия океана и атмосферы. Автор многих работ по этой тематике, в том числе монографий: Среднемасштабные динамические процессы океана, возбуждаемые атмосферой (М., 1979); Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан — атмосфера и энергоактивные области Мирового океана (в соавторстве с С. К. Гулевым и А. В. Рождественским, Л., 1990).

КЛИМАТОМ (от греч. κλίμα — наклон земной поверхности к солнечным лучам) обычно называют многолетний режим погоды. В. В. Шулейкин, уделяя особое внимание взаимодействию трех компонентов климатической системы нашей планеты — океана, атмосферы, суши, подходил к этому определению по-иному. Он считал климатом результат наложения работы пяти природных тепловых машин атмосферы Земли. По его мнению, природная тепловая машина первого рода работает на контрасте экватор (нагреватель) — полюса (холодильники). Машина второго рода "описывает" обмен воздушными массами между океанами и континентами — муссонную циркуляцию, которая меняет в течение года направление в соответствии с тем, как меняют свою относительную роль нагревателей и холодильников континенты и океаны. Природные тепловые машины третьего и четвертого родов проявляются в стратосфере, которая, с одной стороны, круглый год холоднее над океанами, чем над континентами, а с другой стороны, над экваториальной зоной охлаждена сильнее, чем над полярными областями. Природная тепловая машина пятого рода, пока самая малая, была описана Шулейкиным на примере тропических циклонов, нагревателем здесь выступает океан, а холодильником — атмосфера.

В последние годы все более широкими становятся исследования роли океана в климатической системе. Особое внимание автора этих строк и его коллег привлекает механизм глобально-

го обмена содержания тепла и солей между отдельными частями Мирового океана, изменчивость этого процесса и его влияние на климат. Другими словами, речь идет о существовании еще одной природной тепловой машины, если пользоваться терминологией В. В. Шулейкина.

АНОМАЛИИ В ОКЕАНЕ

Хорошо известны климатические отклонения (аномалии) на суше от общего закона географической зональности. Обычно они связаны с близостью океанов, морей или гор (высотная поясность). Так, например, Шулейкин, говоря о влиянии Атлантического океана на климат Европы, отметил, что в феврале температура воздуха в Ленинграде на 34°C выше, чем на той же широте за Уралом¹.

Существуют отклонения от широтного принципа и в Мировом океане. Так, температура воды северной части Атлантики и воздуха над ней, а также соленость поверхностных вод выше средних показателей для Мирового океана соответственно на 5°C , 9°C и 1‰ , а северная половина Тихого океана отличается отрицательной аномалией солености (-0.5‰).

Два этих океана имеют одинаковую протяженность по широте, но толща вод Атлантического в среднем теплее на 0.3°C , что связано с существенным преобладанием испарения над осадками, разница между которыми составляет $24 \text{ тыс. км}^3/\text{год}$. Известно, что в целом на испарение вод с океанов и суши расходуется $9 \cdot 10^{23}$ Дж в год, а ежегодная энергия Солнца, поступающая к водам, составляет $10 \cdot 10^{23}$ Дж. Области морей и океанов, включенные в такой интенсивный процесс обмена энергией, характеризуются именно высоким испарением, быстрым осолонением верхних слоев (например, Красное море), мощным перемешиванием вод. К областям

такого интенсивного энергообмена относят фронтальные зоны, а также области, где потоки тепла и уход влаги в атмосферу заметно превышают его величины над центральными однородными частями океанов (Г. И. Марчук назвал их в конце 70-х годов энергоактивными зонами).

Северная же Атлантика является глобальной энергоактивной областью: занимая 11% поверхности Мирового океана, она отдает 19% всего тепла, поступающего на Землю.

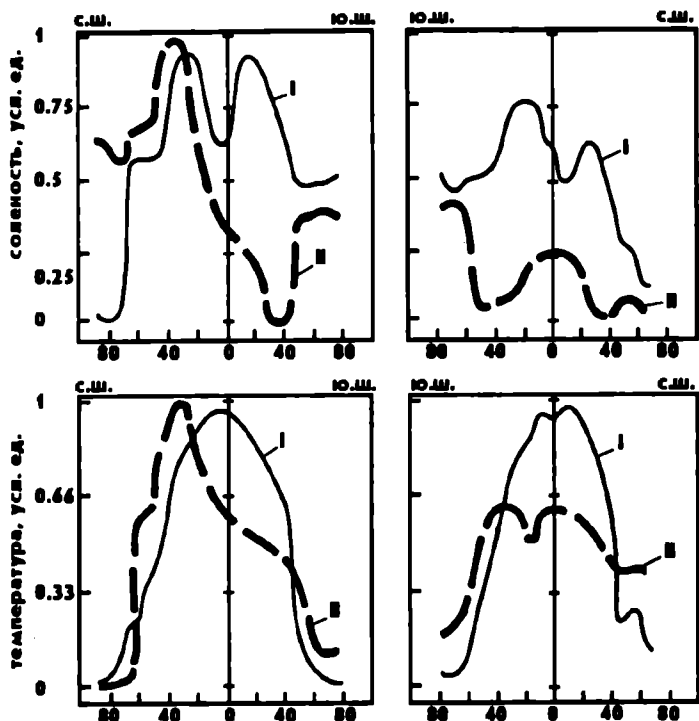
Атлантический океан как бы служит заливом Мирового, глубоко вдающимся между континентами, испарившаяся с поверхности этого океана влага уносится на континенты (в основном на Европу). При испарении вода еще более осолоняется и погружается, принося поверхностную, более теплую воду в глубины (но не в придонные слои). На эту фундаментальную особенность по распределению биогенных элементов обратил внимание известный советский гидрохимик С. В. Бруевич еще в 1966 г.: "Мировой океан обнаруживает замечательную закономерность: содержание биогенных элементов, начиная от наименьших концентраций в водах северной части Атлантического океана, планомерно увеличивается к антарктическим водам и далее от юга Тихого океана к его северной части — дуге Алеутских островов"².

С Северной Атлантики, по нашему мнению, и начинается единый глобальный процесс межконтинентальной циркуляции вод, который связывает воедино положительные аномалии содержания тепла и соли в этом регионе и отрицательные в северной части Тихого океана. Наиболее отчетливо этот процесс прослеживается на глубинах $2-3 \text{ км}$ по распределению биогенных элементов.

Тепловой баланс Северной Атлантики — отрицательный. Если бы тепло не поступало через экватор, температура поверхности воды здесь должна

¹ Шулейкин В. В. Взаимодействие звеньев в системе «Океан — Атмосфера — Материки» // Природа. 1971. № 10. С. 12—21.

² Химия Тихого океана. М., 1966. С. 335.



Распределение солености и температуры в Атлантическом (слева) и Тихом (справа) океанах по широте: на поверхности — I, глубине 1000 м — II. На графиках видно увеличение солености и температуры от северной части Тихого океана к Антарктиде и дальнейшее увеличение этих показателей от Антарктиды к Северной Атлантике. В поверхностных горизонтах заметна симметрия в распределении температуры и солености относительно экватора.

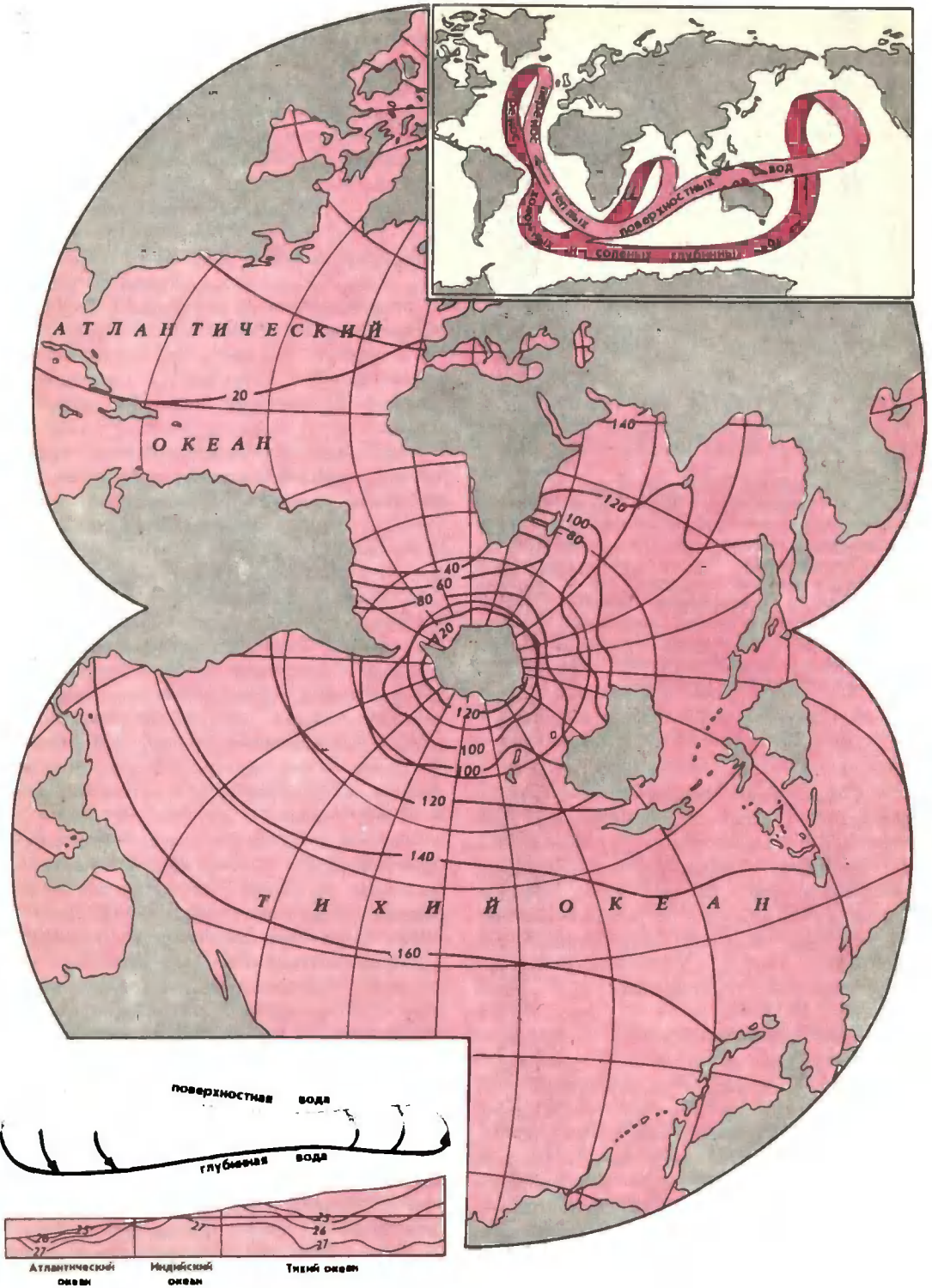
была бы постепенно понижаться, уменьшилась бы и теплоотдача. Температура поверхностных вод Северной Атлантики (16°C) на 6°C ниже температуры верхнего слоя северной половины Тихого океана (22°C), в то же время температура вод в Северной Атлантике на глубине значительно выше, чем в северной части Тихого.

СХЕМЫ ОБМЕНА

В 1980 г. американский исследователь С. Хастенрас, проводя расчеты меридиональных потоков тепла, показал, что в Атлантический океан тепло поступает из Индийского и Тихого. Этот поток направлен на север, начиная от южной оконечности Южной Америки (от широты м. Горн). Сопоставление характеристик температуры и солености Атлантического и Тихого океанов дает основания полагать, что существует меж океанский обмен теплом и солями, в котором в поверх-

ностных слоях идет поток тепла из Тихого и Индийского океанов в Атлантический, а на глубинах, в так называемых промежуточных водах, — поток соленых вод из Атлантического океана в Индийский и Тихий. Это предположение объясняет и аномальный меридиональный поток солей в Южном полушарии, в Тихом океане, отмеченный американским океанологом Г. Стоммелом в 1980 г.

Меж океанский обмен свойствами. На основной схеме — распределение кремнекислоты (цифры на изолиниях — содержание SiO_2 , мкг/л). Увеличение содержания кремнекислоты от Северной Атлантики к Антарктиде и далее к северной части Тихого океана свидетельствует о направлении "старения" вод. На врезке вверху — схема двухслойной циркуляции океана (по В. Брокеру, 1991). Внизу — схема природной тепловой машины нулевого рода (по С. С. Лаппо, 1984). На изолиниях — температура ($^{\circ}\text{C}$) поверхности воды в летний период: 1 — средний уровень Мирового океана, 2 — среднеширотный уровень по океанам.



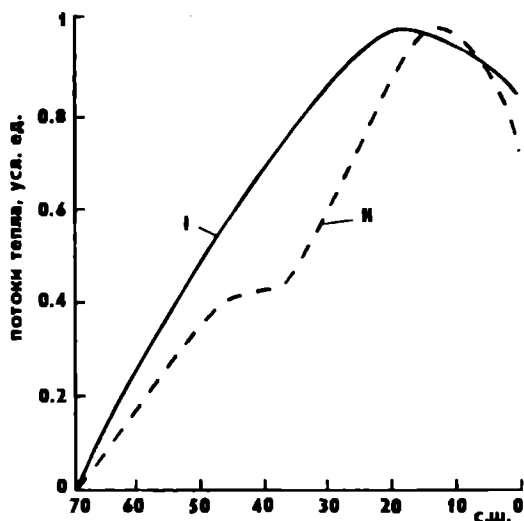


Схема меридионального переноса тепла в Северной Атлантике. При "транспортном" режиме (I) океан плавно теплеет по мере продвижения теплых вод в высокие широты, при "разгрузочном" (II) в районе океанского фронта в средних широтах тепло скачком переходит в атмосферу. Первый режим соответствовала периодам потепления и осолонения Северной Атлантики, второй — периоду похолодания и распреснения вод в 60—70-е годы (Великая соленостная аномалия).

Подробный анализ полученных в последние годы гидрохимических материалов, выполненный американцем У. Брокером, позволил ему создать гипотетическую двухслойную модель циркуляции вод в Мировом океане, получившую название конвейерный пояс (conveyor belt), который охватывает Атлантический, Индийский и Тихий океаны³.

Поскольку углекислота атмосферного воздуха постоянно обогащается нестабильным изотопом углерода ^{14}C , образующимся в верхней атмосфере, по концентрации этого изотопа в океанских водах можно вычислить, как давно они насыщались углекислотой атмосферы. Согласно радиоуглеродным датировкам, "возраст" вод увеличивает-

ся в глубинном слое от Северной Атлантики по направлению к Антарктиде и далее к Индийскому и Тихому океанам и различается на 200—300 лет (в природных слоях это различие иное).

Считают, что расходы глубинных потоков в Индийский океан составляют 6 свердрупов (1 Св.=1 млн. $\text{м}^3/\text{с}$), в Тихий — 10 Св.; обратный поверхностный поток через Южную Атлантику на север оценивают в 16 Св.

Процессы, формирующие разные термодинамические потенциалы Тихого и Атлантического океанов и связывающие их в единую систему, следуя классификации В. В. Шулейкина, мы назвали природной тепловой машиной нулевого рода.

По нашему представлению, северными границами региона, в котором она работает, служат субполярные фронтальные зоны Атлантического и Тихого океанов (Л. Гордон свой конвейерный пояс продолжает в высокие широты Северного полушария). Мы считаем, что глобальная межконтинентальная циркуляция существует и взаимодействует с циркуляциями "холодных" и "распресненных" полярных вод, формирующих придонные водные массы Мирового океана и имеющих больший период обновления (возраст этих вод в Тихом океане оценен в 1300 лет, а в Атлантическом — в 600 лет).

Весьма информативным показателем состояния океана служат меридиональные переносы тепла (первые его расчеты выполнил М. И. Будыко в 1963 г.). Анализируя эти потоки в Северной Атлантике, мы выделили два режима транспорта тепла из низких широт в высокие. При одном из них океан плавно теплеет по мере продвижения теплых вод в высокие широты на север (транспортный режим). При втором в районе океанского фронта — в средних широтах — тепло скачком переходит в атмосферу ("разгрузочный режим"). При этом характерно обострение теплового контраста на океанском фронте, т. е. обострение самого фронта. Последнее свидетельствует о более резкой границе раздела между теплыми субтропическими и холодными

³ Broecker W. // Oceanography. 1991. V. 4. № 2. P. 79.

субполярными водами.

Детальный четырехмерный анализ состояния и временной динамики энергоактивных зон, проводившийся под руководством А. С. Саркисяна, выявил разные типы гидрологических структур в этих зонах как в разные сезоны, так и по отдельным сериям лет.

ВЕЛИКАЯ СОЛЕННОСТНАЯ АНОМАЛИЯ

В 1968 г. было замечено, что из-за выноса распресненных холодных вод Канадского архипелага к востоку от Гренландии в верхнем 200-метровом слое соленость воды уменьшилась на 0.1 ‰. Эта мощная область распреснения медленно двигалась на юг вдоль Гренландии и, заняв Лабрадорский бассейн, направилась вдоль побережья Канады к п-ову Ньюфаундленд. Почти через 10 лет, в 1977 г. (!), аномалия распреснения подошла к субполярному фронту.

Вовлеченные в субполярный циклонический круговорот распресненные воды в большей своей массе вернулись в Северный Ледовитый океан. По оценкам специалистов, общий дефицит солей в водной массе составлял $92 \cdot 10^9$ т, но $47 \cdot 10^9$ т вернулось в Арктику (их судьба пока не проанализирована).

По малому же круговороту вод в Норвежском и Гренландском морях аномалия "вернулась" к Гренландии в 1982 г.

Детальный анализ гидрологических условий, проведенный американскими специалистами в 1989 г., показал, что из-за близости температуры наибольшей плотности и температуры замерзания при солености около 34 ‰ конвективное опускание вод около Гренландии не превышало слоя в 500 м.

Отсюда следует очень важный факт: в очаг формирования глубинных придонных вод Северного полушария (по схеме Г. Стоммела еще один такой очаг существует вблизи Антарктиды) в эти годы Великой соленостной аномалии поверхностные холодные воды в придонные слои не поступали. Следствием консервации холода в верхнем

слое была аномально высокая ледовитость Лабрадорских вод.

Многолетние наблюдения над температурой воды и воздуха в районе банки Гамильтон и на побережье Канады показали, что зимы в 70-х и начале 80-х годов были исключительно холодными. В зимние месяцы 1982—1984 гг. среднемесячные температуры опускались на 10°C ниже обычных. Чтобы компенсировать энергию распреснения воды в 0.1 ‰ (от обычных 34 до 33.9 ‰) в 200-метровом слое, требуется испарить слой в 57 см (годовая норма испарения на этих широтах).

Все эти данные наглядно свидетельствуют о существовании двух режимов транспорта тепла в Северной Атлантике. В 1960—1965 гг. (до Великой соленостной аномалии) реализовался транзитный режим меридионального переноса тепла с относительно небольшим его потоком через экватор — $0.5 \cdot 10^{15}$ Вт.

В период аномалии и в последующие годы для Северной Атлантики был характерен разгрузочный режим — резко выраженное изменение переноса в средних широтах и большой поток тепла через экватор — $1 \cdot 10^{15}$ Вт.

Как отмечалось, большая часть "холодных" вод вернулась в Арктику. Так, на разрезе по Кольскому меридиану весной 1980 г. наблюдалась соленость меньше среднемноголетнего значения на 0.3 ‰. При подходе к субполярному фронту остальной "холодной" воды режим обострился. В процессе движения к югу "холодные" воды несколько прогрелись и, видимо, стали погружаться, обогнув "хвост" Большой Ньюфаундлендской банки. По данным специалистов Атлантического отделения Института рыбного хозяйства и океанографии, придонные воды на банке были холоднее средних на 1°C . В ноябре 1993 г. (экспедиция на научно-исследовательском судне "Профессор Мультановский") на разрезе по 36° с. ш. к западу от Срединного Атлантического хребта нам удалось обнаружить в ядре Лабрадорских вод на глубинах 1400 м отрицательную

аномалию в 0.4°C . При сильных распреснениях "холодная" вода не уходит в придонные горизонты к югу от Гренландии, а может поступать в промежуточные воды в средних широтах Северной Атлантики. Последнее свидетельствует об изменчивой интенсивности циркуляции как в промежуточных, так и в придонных слоях Атлантического океана.

Этот второй режим погружения "холодных" вод в промежуточные горизонты соответствует сохранению "холода" в поверхностных горизонтах (в "тропосфере" океана) и отвечает второму режиму меридионального потока тепла со "слабой" теплоотдачей в атмосферу за субполярным фронтом и интенсивным уходом тепла в атмосферу на самом фронте. Работа тепловой машины нулевого рода заметна, как нам кажется, не только в океане, но и на суше.

ЯВЛЕНИЯ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕ АНОМАЛИЮ

В климате Северного полушария за последние десятилетия также отмечены изменения, которые можно сопоставить с появлением соленостной аномалии.

В 80-е годы жители Москвы помнят мягкие ("сиротские") зимы с сильными оттепелями, некоторые начались очень поздно (зимой 1982 г. снег выпал только 3 января). Затяжная осень обычно сопровождается усилением зимнего стока рек.

В 1965—1975 гг. сток в бассейне Волги был маловодным. Сюда из Атлантики за это время пришло лишь 44 циклона, тогда как в многоводный период (1976—1985) — целых 65. К тому же в этот период циклоны были более "водоносными", так как формировались в более южных широтах. Сток Волги за 1971—1977 гг. в среднем составлял $236 \text{ км}^3/\text{год}$, а в 1978—1990 гг. — $305 \text{ км}^3/\text{год}$.

С конца 1977 г. начался непредвиденный рост уровня Каспийского моря, к 1994 г. поднявшегося более чем на 2 м (примерно на столько же

увеличился уровень Верхнего Соленого озера в США).

Именно с 1977 г. отмечается начало последнего понижения температур в Северном Ледовитом океане (вопреки результатам моделей при росте CO_2 в атмосфере). По нашему мнению, это все звенья единого природного процесса, проявившегося в обострении субполярного океанского фронта в Северной Атлантике, изменении района погружения "холодных" вод и уходе их в промежуточные (а не донные) слои, усилении трансэкваториального потока тепла в Северную Атлантику.

Имеется много вопросов, на которые пока нет ответов. Но уже ясно, что естественные многолетние колебания теплового и динамического режимов Мирового океана и атмосферы весьма значительны и наверняка превосходят современные предполагаемые глобальные антропогенные изменения климата.

Весьма важно проследить трансформацию "холодных" вод в Северной Атлантике. Возможно, что через несколько лет она повлечет целую цепочку новых процессов. Будем надеяться, что эти исследования продолжатся в рамках программы "Роль океана в колебаниях климата", цель которой — изучение набора состояний океанских структур и отвечающих им механизмов взаимодействия с атмосферой.

Эти работы много лет поддерживает Министерство науки и технической политики Российской Федерации, а благодаря Российскому фонду фундаментальных исследований была проведена экспедиция в Северную Атлантику в октябре — декабре 1993 г.

ПОПРАВКА

В июльском номере журнала в статье В. Н. Кудярова (с. 37—43) не указаны составители карты-схемы и банка данных по почвенной эмиссии CO_2 . Восстанавливаем имена авторов: банк составлен Т. В. Кузнецовой, А. В. Тимченко, Д. А. Гиличинским, Д. Г. Федоровым-Давыдовым, С. В. Мергель, О. С. Хохловой, Е. А. Арлашиной, а карта-схема выполнена Ф. И. Хакимовым, Н. Ф. Деевой и А. А. Ильиной.

Эпизоды “космической гонки”

Интервью с Дж. Ван Алленом

Джеймс Альфред Ван Аллен - член Национальной академии наук США, профессор Университета штата Айова. С его именем связано громкое научное открытие радиационных поясов Земли, ознаменовавшее начало “космической гонки”.

Историческое противостояние двух социально-политических систем, получившее название “холодной войны”, в XX в. как никогда ранее вскрыло социальную природу науки, ее роль в качестве важного инструмента мировой политики. Можно с уверенностью сказать, что благодаря прозорливости С.П.Королева запуск первого в мире искусственного спутника Земли принес серьезные политические дивиденды Советскому Союзу. Но вслед за этим событием Соединенным Штатам удалось взять своеобразный минерваши. Опередив группу советских исследователей (под руководством С.Н.Вернова) на несколько недель, группа Ван Аллена 1 мая 1958 г. буквально вырвала из ее рук первое выдающееся, и основное до сих пор, открытие космической эры — обнаружила радиационные пояса Земли.

В этом номере профессор Ван Аллен вспоминает о событиях тех лет. Интервью записано в его лаборатории в Университете штата Айова. Беседу вел сотрудник Института истории естествознания и техники РАН, заместитель главного редактора “Природы” А.А.Гурштейн.

Вопрос. У меня был случай убедиться, что у вас прекрасная память. Как вам вспоминаются первые годы космической эры?

Ответ. Рассказывать обо всем по порядку было бы долго. Начну с того, что мои первые непосредственные контакты с русскими учеными и специалистами, которые занимались планированием космических исследований, относятся к лету 1956 г. Это было в Барселоне, где проходило совещание Международного комитета по подготовке Международного Геофизического Года. Я, как член делегации США, рассказывал об американских планах запуска искусственного спутника Земли в рамках МГГ, советская делегация тоже поделилась своими планами. В то время обе стороны были очень откровенны. Помню, что на меня произвели сильное впечатление компетентность и серьезность русских.

Я входил в американскую команду по подготовке искусственных спутников Земли, работал в комитете по носителям, был вовлечен в подготовку научных приборов для спутников и, кроме того, возглавлял научную группу, отбиравшую оборудование для первых запусков, которые планировалось делать с помощью ракеты “Авангард”. Созданная военно-морскими силами США ракета “Авангард” считалась главным претендентом на то,

чтобы быть носителем первых искусственных спутников Земли. Кроме того, в то время я участвовал в запусках исследовательских зондов на баллонах. Летом 1957 г. я возглавлял экспедицию в Арктику, и в Гренландии мы сделали 10—15 ракетных запусков с баллоном.

После этого мы вернулись в Соединенные Штаты и погрузились на ледокол, который должен был переправиться через Панамский канал и отплыть в Антарктику. В этом походе предполагалось измерить интенсивность космических лучей, магнитное поле Земли на разных широтах. Было сделано в общей сложности около 20 запусков баллонов на пути от Бостона до Антарктиды. В Антарктиде мы оказались осенью 1957 г. и затем, курсируя вдоль экватора, получили сообщение о запуске в СССР первого искусственного спутника Земли.

Эта весть вызвала большое оживление среди членов нашего экипажа. Я-то знал, что должен состояться запуск советского спутника, но не ожидал, что это произойдет так скоро, и был взволнован самим фактом свершившегося. Тут же с помощью наших техников мы настроились на объявленную волну и буквально через несколько минут услышали сигналы спутника: “бип, бип”.

Находясь на ледоколе в Тихом океане, наша группа была оторвана от мира. Но мы слышали сигналы спутника, принимая их обычной аппаратурой



Дж. Ван Аллен (в центре, с трубкой) и его сотрудник Э. Рей (слева) знакомят гостей из СССР со своей лабораторией. Первый справа — А. А. Благовраов, четвертый — В. И. Красовский, пятый — Л. И. Седов. 1959 г.

на обычных широкоэвещательных длинах волн. Это произвело на меня тогда огромное впечатление. За спутником могли следить с помощью обычных приемников тысячи радиолюбителей по всему миру. После того как мы прослушали сигналы советского спутника на нескольких его витках, я подготовил специальное сообщение о первых наблюдениях за ним в этом районе земного шара, которое капитан ледокола отправил в Вашингтон. Запущенный позже американский спутник был оснащен более слабым передатчиком, работавшим, в отличие от советского, в УКВ-диапазоне, недоступном тогда радиолюбителям.

Вопрос. Каковы были ваши впечатления о возможности сотрудничества между нашими странами в то время?

Ответ. Известие о запуске первого спутника облетело весь мир. В Соединенных Штатах оно вызвало взрыв эмоций. Чувство изумления порой сменялось чувством страха. Это

было время мощного военного противостояния между США и СССР. Нелегко было смириться с тем, что советский космический корабль по несколько раз в день обращается вокруг Земли и видит сверху, что где происходит. Конечно, мы испытывали чувство большого неудобства. Проблема горячо обсуждалась среди военных, а широкая общественность выступила с осуждением системы информационных служб, которые не смогли предвидеть происшедшего. Некоторым казалось, что мы потерпели сокрушительное фиаско.

Как только мы приплыли в Новую Зеландию, я тотчас связался с руководителем лаборатории реактивных двигателей Уильямом Пикерингом, который уже ранее задавался вопросом, нельзя ли установить мою научную аппаратуру на носителях, разрабатываемых Вернером фон Брауном и другими специалистами в Хантсвилле. Они натолкнули меня на мысль рассмотреть с этой точки зрения возможности других ракет, включая и "Юпитер", которые могли оказаться надежнее ракеты "Авангард". После многих ее неудачных запусков, последовавших за успешными полетами первых двух советских спутников, создавалось впечатление,

что Соединенные Штаты сильно отстают в ракетостроении и ракетной технологии.

Между тем, все это имело большое военное значение. Вернер фон Браун, с которым я был тесно связан в те годы, заявлял о готовности запустить американский спутник в августе или сентябре 1956 г. Однако президент Эйзенхауэр лично запретил ему использовать третью ступень ракеты-носителя "Юпитер-С" (в сентябре 1956 г. она была испытана, пролетев 4 тыс. километров от мыса Канаверал). Эйзенхауэр не был уверен, что использование этой ступени не будет интерпретировано как враждебная акция по отношению к Советскому Союзу. Ситуация коренным образом изменилась после запуска первого советского спутника Земли.

Вопрос. Встречались ли вы в то время с президентом Соединенных Штатов или с другими крупными политическими деятелями и что можно сказать об их отношении к советским космическим достижениям?

Ответ. Впервые я встретил президента Эйзенхауэра в начале февраля 1958 г. на банкете, который он устроил по случаю успешного запуска первого американского спутника "Эксплорер-1". Он создал комитет при Белом доме, который должен был рассматривать перспективы Америки на пороге того, что в последующем получило название космической гонки. Позднее я бывал на банкетах у Никсона и принимал участие в работе нескольких образованных им комитетов, которые занимались космической программой США.

Однако должен сказать, что ни Никсон, ни Эйзенхауэр серьезно космическими исследованиями не интересовались. Эйзенхауэр всячески стремился принизить значение первых советских запусков и называл их космическим баскетболом или чем-то в этом роде. Это было чисто политической бравадой, призванной успокоить граждан Соединенных Штатов.

Вопрос. Что вы можете сказать о

Джоне Кеннеди?

Ответ. Когда Кеннеди стал президентом, ему внушили интерес к пилотируемым космическим полетам, и он выбрал в качестве основного направления космической деятельности Соединенных Штатов пилотируемый полет к Луне. Кеннеди хорошо понимал политическое значение, политический дух этого космического соревнования, но вряд ли отдавал себе отчет в научных и технических деталях. Мне представляется, что Линдон Джонсон разбирался в этих делах гораздо лучше.

Наши первые усилия в космических исследованиях так или иначе были связаны с военными. Создателем американской гражданской исследовательской программы и Национального Агентства по аэрокосмическим исследованиям (НАСА) в феврале 1960 г. стал Линдон Джонсон, тогда сенатор от штата Техас. Он был сопредседателем комитета Конгресса по космической деятельности и одним из авторов законодательной базы для развития гражданской космической программы. Я дважды выступал на заседаниях этого комитета и находился под большим впечатлением от личности Джонсона, очень сильного человека, глубоко понимавшего задачи, которые ему приходилось решать.

Вопрос. Каковы ваши впечатления от встреч с советскими учеными?

Ответ. Впервые я побывал в России в июле 1959 г. Полет от Копенгагена до Москвы на русском реактивном самолете ТУ-104 занял всего три часа, и это было замечательно. Я вез американскую делегацию на конгресс Международного союза чистой и прикладной физики. К этому времени уже были рассекречены результаты трех атомных взрывов "Аргус", в осуществлении которых я участвовал как ведущий экспериментатор. Моя группа отвечала за исследование возникавших при этом искусственных радиационных поясов. Наши результаты, разумеется, вызывали очень высокий интерес у русских партнеров в Москве. На этом конгрес-

се мне удалось сделать основной доклад и о своих исследованиях на "Эксплорерах-1, -3, -4". Я рассказал об открытии радиационных поясов Земли. Это стало сенсацией, вызвавшей очень бурную дискуссию. В программе конгресса были еще доклады Л. И. Седова, С. Н. Вернова и А. Е. Чудакова о наблюдениях второго и третьего спутников Земли, доклад В. И. Красовского. Этот огромный международный форум с несколькими сотнями участников проходил в Московском университете.

На четвертый день профессор Седов от имени Академии наук пригласил меня за город, с просьбой провести семинар для небольшой группы советских ученых. Я говорил и отвечал на вопросы несколько часов. Это были самые напряженные часы моего пребывания в Москве. В аудитории присутствовало всего человек двадцать. На меня произвела сильное впечатление компетентность собравшихся экспертов.

Мы все еще продолжали подозревать, что радиационные пояса возникают в результате захвата магнитным полем частиц, которые попали туда вследствие советских ядерных взрывов, осуществленных с помощью высотных бомбардировщиков. Мы допускали, что радиационные пояса Земли могут иметь искусственное происхождение. Но, приехав в Россию, услышали аналогичные подозрения от русских в адрес Соединенных Штатов. В результате именно в Москве я окончательно убедился, что мы имеем дело с природным естественным феноменом.

Мне довелось бывать в лаборатории Вернова и Чудакова, двух моих близких коллег, где я видел прототипы научных инструментов, установленных на спутниках. Они были прекрасно задуманы и хорошо исполнены, но по нашим стандартам казались очень массивными. Позже Седов, Благодоров и Красовский, прилетевшие в США в качестве гостей Национальной академии наук, прибыли по моему приглашению в Айова-сити. К тому времени (декабрь 1959 г.) все работы были

рассекречены и была возможность показывать все. Я думаю, на моих гостей произвела впечатление миниатюрность наших приборов и использование слабых источников энергии. Конечно, это было следствием того, что малогабаритные спутники располагали очень малыми ресурсами для научной аппаратуры. Наши первые спутники, как и русские, тоже оснащались довольно мощными аккумуляторными батареями, но нам пришлось форсировать более широкое использование солнечных панелей.

Мы с женой с удовольствием дали обед в честь гостей у нас дома. Хорошо помню А. А. Благодорова. Сидя в кресле, он держал на коленях моего четырехлетнего сына. Благодоров — замечательный человек, очень домашний, уютный, похожий на доброго дедушку. Мне трудно было представить, что он — всамделишный генерал Красной Армии, отвечавший во время второй мировой войны за создание боевой артиллерии и другой военной техники, Герой Советского Союза.

В. И. Красовский провел замечательный физический семинар, на котором рассказал о научных приборах третьего спутника по измерению низкоэнергичных частиц с помощью тонкопленочных детекторов. Семинар прошел на английском языке. Что касается Л. И. Седова, то в частных разговорах он прекрасно пользовался английским, но лекцию о перспективах исследования Луны прочитал на русском. Это была очень хорошая лекция в университете, для нескольких тысяч студентов и преподавателей.

Вопрос. Не думаете ли вы, что советские космические успехи оказали стимулирующее воздействие на мировую науку?

Ответ. Конечно, мы все находились под огромным впечатлением от достижений Советского Союза в запуске первого искусственного спутника Земли, который был осуществлен с первой же попытки. Замечательно, что мы принимали его радиосигналы — первые искусственные сигналы, кото-

рые приходили к нам, несмотря на влияние ионосферы, из пространства за ее пределами. Все это, включая и успешное слежение за траекторией полета, было достижением первой величины.

На втором искусственном спутнике у Вернова и Чудакова находилось неплохое научное оборудование, но они не смогли обнаружить радиационные пояса Земли из-за стечения целого ряда неблагоприятных обстоятельств. Советский Союз располагал за пределами своей территории весьма скромной сетью станций слежения, а продолжительность жизни спутника составляла всего несколько недель. Поэтому большая часть полученных данных относилась к первым дням полета и, можно сказать, ограничивалась Сибирью.

На этих широтах и долготах радиационные пояса находятся очень высоко, а участок орбиты второго спутника проходил здесь очень низко, и по этой причине спутник не заходил глубоко в радиационные пояса. В то же время орбиты наших "Эксплорер-1, -3" имели большой эксцентриситет, что было сделано совершенно непреднамеренно, но сослужило нам хорошую службу. Вернов и Чудаков опубликовали результаты своих измерений на "Спутнике-2", однако не упомянули о существовании постоянного интенсивного потока заряженных частиц. Они отметили необычное повышение интенсивности заряженных частиц, но сочли, что это связано с необычным фоном космических лучей.

Я публично объявил о своих результатах 1 мая 1958 г. Запуск третьего советского спутника состоялся двумя неделями позже, и набор его научных инструментов был чрезвычайно хорош как раз для исследования радиационных поясов Земли. Поэтому Вернову удалось выполнить большой объем наблюдений, которые подтвердили наши предыдущие результаты. Нам просто повезло, мы успели открыть радиационные пояса еще до того, как был запущен третий советский спутник.

В последующие годы в Советском Союзе также проводилось много хороших работ, но в космические исследования все больше и больше проникал военный истеблишмент. В Соединенных Штатах удавалось выполнять больше чисто научных работ по детальному изучению околоземного космического пространства и поверхности Земли. У меня было такое ощущение, что американские ученые имели больше возможностей, чем советские, реализовать свои индивидуальные замыслы и эксперименты на космических аппаратах.

Однако ваши космические достижения оказались исключительно стимулирующими и полезными для развития и моих работ, и других работ в Соединенных Штатах.

Вопрос. Я думаю, всем было бы чрезвычайно интересно узнать ваши соображения о будущем научных космических исследований.

Ответ. В течение долгого времени Советский Союз выполнял примерно по сотне запусков в год, в то время как США примерно по 50. Так что СССР отправил в космос множество спутников с различными исследовательскими программами, но в основном это были запуски в целях военной разведки. Кроме того, были произведены полеты к Луне и оттуда получены образцы лунных пород. Они весили всего несколько сот граммов, но имели большое научное значение. Чрезвычайно важно доставить такого же рода образцы с поверхности Марса, это стало бы очень крупным следующим шагом в планетных исследованиях.

Конечно, и американские астронавты доставили на "Аполлонах" около полутонны образцов с поверхности Луны. В 1962 г. США успешно совершили полет к Венере. (Я готовил для этого полета важные научные инструменты.) Некоторое время планетные исследования в США и СССР шли, можно сказать, бок о бок. В некоторых отношениях Венера была лучше исследована русскими, а Марс — американцами.

В недавнем прошлом потерпели неудачу два советских космических аппарата, направленные к Марсу: "Фобос-1" и "Фобос-2". Это огорчительно, потому что замысел был интересный и важный. Между тем, программа Соединенных Штатов с космическим аппаратом "Пионер-Венера" на орбите Венеры выполнялась 14 лет. Мы получили значительные результаты в первых полетах к Юпитеру, Сатурну, Урану, Нептуну. Все четыре полета прошли очень успешно. Это для меня важно в личном плане, поскольку я был участником этих научных экспериментов. Таким образом, Соединенные Штаты в последние годы имели некоторый перевес в планетных исследованиях.

Говоря о будущем, мне хотелось бы отметить такие проекты, как "Кассини" и "Галилео", связанные с широкой программой сложнейших исследований Сатурна, Юпитера, Венеры и околоземного пространства.

Я думаю, что очень успешным будет сотрудничество с Россией американцев, японцев, европейцев при создании долговременных орбитальных станций, поскольку русские имеют большой опыт работы с этими станциями и накопили огромный банк данных по физиологии организмов в состоянии невесомости. Мне представляется, что это очень важное и престижное направление работы, хотя у нас в

Соединенных Штатах пока нет стоящих предложений в этом направлении.

Существует проект нового полета к Луне, который называется "Эрос". Сейчас очень успешно идет к Луне аппарат "Климентина". Соединенные Штаты заинтересованы также в разработке полета к Плутону. Плутон остается единственной из больших планет, которую еще не посещали космические аппараты. Идея состоит в том, чтобы послать аппарат непосредственно к Плутону со столь большой скоростью, чтобы он мог достичь его всего за пять-семь лет. Эта идея находится в стадии рассмотрения. И, конечно, мне было бы очень приятно узнать, что русские тоже планируют полеты к другим планетам Солнечной системы. Я знаю, что космическая научная общественность в России поддерживает идею пилотируемого полета к Марсу, и, естественно, они заняты исследованием околоземного пространства, созданием спутников связи и им подобных.

Трудно сказать, сумеют ли выжить космические исследования в России в условиях новой демократической системы. Я этого не знаю. Что касается коммунистической системы, то известно, что она стимулировала развитие науки. А вот сумеет ли выжить наука, и особенно космические исследования, при демократической системе — это для меня главный вопрос.

Послесловие историка

Профессор Джеймс Ван Аллен стал пионером космических исследований в США благодаря опыту, полученному во время второй мировой войны при создании миниатюрных приемопередатчиков для снарядов. Сразу после войны Ван

Аллен исследует давно интересовавшие его космические лучи: вначале на баллонах до высоты 24 км, а потом на немецких трофейных ракетах ФАУ-2 и на связках баллон-ракета до 160 км. Встреча Ван Аллена с ведущим американским

геофизиком С. Чепменом в 1950 г. положила начало разработке программы Международного Геофизического Года, который был проведен в 1957—1958 гг. В исследованиях по программе МГГ использовались новые в ту пору инструмен-

ты: ракеты, радары и компьютеры.

Благодаря контактам с ведущими ракетостроителями США, в частности Уильямом Пикерингом и Вернером фон Брауном, с высшими руководителями Конгресса США, армии и флота Ван Аллен в своем небольшом отделе Университета штата Айова создал к 1957 г. аппаратуру для исследования космических лучей на спутниках. Неудача США с запуском первых спутников при помощи ракеты "Авангард" отодвинула эти эксперименты, но успешные запуски двух первых советских спутников в конце 1957 г., всколыхнувшие американскую общественность, дали Ван Аллену возможность установить свою аппаратуру на спутниках "Эксплорер-1" и "Эксплорер-3", запущенных соответственно 1 февраля и 26 марта 1958 г.

Неожиданный сюрприз преподнесли первые результаты эксперимента Ван Аллена на "Эксплорер-1" по исследованию космических лучей. На фоне известного широтного хода их интенсивности на высотах более 100 км детектор переставал регистрировать их вообще. И только после того, как эти явления стали наблюдаться в определенных местах орбит спутника "Эксплорер-3" по показаниям идентичной аппаратуры, их стали рассматривать не как дефект приборов, а как необычное явление. "Боже мой, космос радиоактивен", — такой драматичный вывод сделал сотрудник Ван Аллена Эрнст Рей. Позже удалось установить, что регистрировавшееся излучение было в десятки тысяч раз интенсивнее космических лучей.

Начался сложный путь к осмыслению явления, позже

названного радиационным поясом Земли. Ван Аллен на основании своих прежних баллонных экспериментов в полярных областях, где наблюдалось тормозное излучение от электронов, пришел к выводу, что эти электроны каким-то образом проникают к экватору на большие высоты и "...не может быть, что эти частицы имеют энергии порядка миллиардов электронвольт". Эти соображения Ван Аллен сообщил на совместном заседании Национальной академии наук и Физического общества США 1 мая 1958 г. Тот же вывод повторил Э. Рей в докладе в Москве на 5-й Ассамблее МГГ (31 июля — 8 августа 1958 г.). К тому времени советские ученые исследовали на третьем спутнике, запущенном 15 мая 1958 г., свойства излучения, открытого Ван Алленом. С. Н. Вернов обнаружил протоны в составе этого излучения и предложил механизм их накопления в геомагнитном поле при β -распаде нейтронов альbedo атмосферы. В. И. Красовский выявил на разных широтах интенсивные потоки захваченных магнитным полем Земли электронов, а А. Е. Чудаков — тормозное излучение электронов в приполярных областях.

Назвав наблюдавшиеся потоки захваченных частиц земным корпускулярным излучением, советские исследователи рассматривали только их колебания вдоль силовых линий и вращение вокруг них. Для открытия радиационного пояса осталось сделать один шаг — доказать возможность дрейфа вокруг Земли этих захваченных частиц. Это сделал американский физик-теоретик Фред Зингер. Сразу же после возвращения с московской ассамблеи

он сдал в печать две статьи с описанием дрейфового, колебательного и вращательного движений захваченных частиц в радиационном поясе Земли.

Даты публикаций совпали с периодом секретного проведения США высотных ядерных взрывов, начавшихся 1 августа 1958 г. Для изучения последствий взрывов Ван Аллен оснастил более совершенной научной аппаратурой спутник "Эксплорер-4", запущенный 26 июля 1958 г. Странным образом во всех последующих публикациях Ван Аллена отсутствуют какие-либо сообщения о наблюдениях последствий двух высотных термоядерных взрывов — "Тик" (1 августа) и "Орендж" (12 августа 1958 г.). Все внимание группа Ван Аллена сосредоточила на исследовании искусственных радиационных поясов от трех маломощных взрывов "Аргус" 27, 30 августа и 6 сентября 1958 г. Анализ этих наблюдений проводился группой Ван Аллена и специалистами по управляемому термоядерному синтезу вместе с военными в обстановке секретности. На специальном симпозиуме Министерства обороны, Комиссии по атомной энергии и Национальной академии наук США, состоявшемся 29 апреля 1959 г., Ван Аллен сообщил об экспериментальном доказательстве существования радиационного пояса за счет дрейфа вокруг Земли заряженных частиц ядерного взрыва в космосе. На "Эксплорер-4" уверенно наблюдались три узких пояса от трех взрывов "Аргус".

Два естественных радиационных пояса, обнаруженные на спутниках "Эксплорер-1, -3, -4" и третьем ИСЗ, в конце 1958 и начале 1959 г. стали исследоваться

на траекториях космических аппаратов, направляющихся в сторону Луны, — "Пионер-1, -3" и "Луна-1". Обсуждение полученных результатов Дж. Ван Алленом и С. Н. Верновым в Москве летом 1959 г. на сессии Союза теоретической и прикладной физики привело к заключению о существовании двух радиационных поясов — внутреннего протонного и внешнего электронного, разделенных "щелью". Учитывая это, представляется возможным отнести воспоминание Ван Аллена о сомнении в естественном происхождении радиационных поясов к началу или середине 1958 г.

На основании исследований местоположения узких радиационных поясов от взрывов "Аргус" сотрудник Ван Аллена Карл Макилвайн к 1961 г. создал универсальную двухпараметрическую систему геофизических координат — В (напряженности геомагнитного поля в интересующей точке) и L (удаления от центра Земли силовой линии, проходящей через ту же точку). Этих двух параметров оказывалось достаточно для определения состава и интенсивности частиц в любом месте радиационных поясов. Такая система координат оказалась полезной и позже, при исследовании радиационных поясов планет-гигантов Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна.

9 июля 1962 г. США произвели высотный термоядерный взрыв мощностью 1.4 Мт, загрязнивший значительную часть естественных радиационных поясов энергичными заряженными частицами. Советские и американские исследователи, включая Дж. Ван Аллена, подробно исследовали возникший искусственный радиационный пояс. Их ре-

зультаты стали одним из основных аргументов в пользу заключения моратория между СССР и США в 1963 г. на проведение ядерных взрывов в космосе.

В начале 60-х годов в отделе Ван Аллена в Университете штата Айова успешно исследовались вторжения заряженных частиц в зоны полярных сияний, всплески энергичных заряженных частиц от солнечных вспышек в межпланетном пространстве. В 70-е годы благодаря высокому научному авторитету Ван Аллена была утверждена американская научная программа исследования планет-гигантов Солнечной системы. При пролете космических аппаратов "Пионер-10, -11" у Юпитера и "Пионер-11" у Сатурна были открыты радиационные пояса этих планет. Успехи экспериментов группы Ван Аллена дали возможность американским исследователям в 80—90-х годах с помощью космических аппаратов "Вояджер-1, -2" исследовать радиационные пояса четырех планет-гигантов.

Работы коллег и учеников Ван Аллена охватывают основные направления физических исследований космического пространства. В Университете штата Айова после начала плазменных исследований окружения Земли и планет д-р Гарнетт ведет измерения на космических аппаратах радиоизлучения плазмы в широком диапазоне частот. Сэм Кримджис, начинавший работать в отделе Ван Аллена, плодотворно исследует в Мэрилендском университете состав кольцевых токов вокруг Земли. Карл Макилвайн, получивший ряд фундаментальных научных результатов со спутников Земли и с космических ап-

паратов у Юпитера и Сатурна, готовит новые эксперименты на спутниках. Л. Франк после плодотворных исследований энергичной составляющей плазмы в магнитосфере Земли последние годы осуществляет со спутников оптические измерения свечения верхней атмосферы Земли. По его утверждениям, на полученных снимках видны следы малых ледяных комет, непрерывно вторгающихся в атмосферу Земли. На протяжении нескольких последних лет идет оживленная научная дискуссия по поводу такого внезапного происхождения океанов Земли.

Только огромный научный авторитет Дж. Ван Аллена у высшей администрации США позволил сохранить американскую национальную программу космических исследований на автоматических аппаратах после начала запусков пилотируемых аппаратов "Шаттл". Убедительные аргументы Ван Аллена о больших возможностях управляемых с Земли автоматических станций достигли цели. К сожалению, ни один из пионеров советских (российских) исследователей космического пространства не пользовался в среде отечественного военно-промышленного комплекса таким авторитетом, как Ван Аллен в США, и, наверное, поэтому национальная программа космических исследований России остается столь неопределенной. К оценке ее возможностей, данной в интервью Дж. Ван Алленом, следует отнестись с должным вниманием.

© В. В. Темный,
кандидат физико-математических наук
Институт истории естествознания
и техники РАН

Космические исследования.

Техника

“Узкое место” Системы наблюдения Земли

Между 1998 и 2012 г. Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) США намеревается запустить в космос 17 специальных спутников, которые должны образовать беспрецедентную по масштабам систему наблюдения Земли (на реализацию этого плана НАСА отпущено 8 млрд. долл.). В задачу системы, которая будет существовать несколько десятилетий войдут наблюдения за облачным и снежным покровами планеты, морскими льдами, циркуляцией вод Мирового океана, химическим составом атмосферы и другими факторами, имеющими влияние на глобальную среду нашего обитания.

Однако в начале 1994 г. специальная экспертная комиссия, созданная Национальным исследовательским советом США (орган Национальной академии наук США), опубликовала свое заключение, согласно которому этот план находится под угрозой. Эксперты указывают, что существующая наземная компьютерная сеть EOSDIS (Earth Observing System Data and Information System — система сбора данных и информации при Системе наблюдения Земли), уже обошедшаяся налогоплательщику в 2.6 млрд. долл., неадекватна

тому огромному объему информации, который будет поступать от этих спутников. Предполагается, что ежедневно они будут направлять на Землю до 1 трлн. битов информации, которую ни хранить, ни принять, ни тем более как следует обработать нынешняя сеть ЭВМ НАСА окажется не в состоянии.

Директор программы EOSDIS Д. Батлер (D. Butler) признал критику правильной и сообщил о намерениях НАСА модифицировать всю эту сеть. Кроме того, НАСА собирается сделать так, чтобы все первичные данные, поступающие от этих специальных спутников, перерабатывались под единый стандартный формат. Комиссия, однако, выразила сомнение, что этот стандарт окажется достаточно гибким и приспособляемым к неизбежным изменениям в требованиях, которые ученые будут предъявлять спустя несколько десятилетий. Этот вопрос пока остался нерешенным.

New Scientist. 1994. V. 141. № 1910. P. 9 (Великобритания).

Космические исследования

Откуда у Иды спутник?

Продолжается обработка информации об астероиде Ида и ее спутнике, полученной с помощью космического аппарата “Галилей”¹.

По уточненным данным,

Ида имеет длину порядка 58 км, ширину — 23 км и делает оборот вокруг своей оси за 4.5 ч. Спутник поперечником в 1.5 км обращается вокруг нее на расстоянии около 100 км.

Специалисты предлагают две гипотезы, объясняющие происхождение спутника. Согласно одной из них, этот спутник — кусок самой Иды, выбитый из нее неким небесным телом при их столкновении. Согласно другой, Ида и ее спутник образовались независимо друг от друга и, возможно, одновременно.

При анализе изображений поверхностей обоих тел в близком инфракрасном диапазоне излучения Р. Карлсон (R. Carlson; Лаборатория реактивного движения, Пасадена, штат Калифорния, США) установил, что та часть поверхности Иды, которую удалось наблюдать с борта “Галилея”, очевидно, состоит в основном из зеленоватого минерала оливина с отдельными следами разноцветных ортопироксенов. Поверхность же крошечной “луны” содержит примерно равные количества обоих минералов с добавлением клинопироксена. Эти данные противоречат первой гипотезе, несмотря на сходство в окраске и степени яркости Иды и ее спутника.

¹ См. также: Изучается астероид Ида // Природа. 1994. № 10. С. 112—113; У астероида — своя “луна” // Природа. 1995. № 1. С. 116.

Однако более отдаленное их родство все же возможно. К. А. Чепмен (С. А. Шарман; Институт планетарных наук, Тусон, штат Аризона, США) предложил свою модель событий, согласно которой крупный астероид столкнулся с другим, раздробился на множество мелких обломков, и одним из них стала Ида. Другой, значительно меньший обломок был захвачен ее притяжением и превратился в спутник.

Окончательный ответ о происхождении Иды и ее спутника даст новая информация с "Галилея".

Science News. 1994. V. 145. № 24. P. 383 (США).

Астрономия

На краю Солнечной системы

Международной группой астрономов при Европейской южной обсерватории (ESO) в феврале 1994 г. была получена фотография самой удаленной от Солнца планеты Плутон и его спутника Харона.

Харон расположен настолько близко к планете, что его изображение на

предыдущих снимках всегда сливалось с изображением Плутона, лишь слегка выступая то с одной, то с другой стороны. Сверхвысокое разрешение, позволившее получить на снимке изображение двух отдельных тел, было достигнуто благодаря применению специальной камеры для слабоосвещенных объектов, установленной на Космическом телескопе им. Хаббла.

Фотография была сделана, когда расстояние между Плутоном и Землей составляло 4.4 млрд. км. Отчетливое изображение объектов дало возможность непосредственно и с высокой точностью (1 %) измерить диаметры планеты и ее спутника; они оказались равны 2320 и 1270 км соответственно, а расстояние между этими телами оценено в 19 640 км.

В сущности, все ранее известные факты говорят о специфических особенностях этой пары небесных тел. Плутон очень медленно (за 247.7 года) совершает оборот вокруг Солнца по орбите, которая имеет необычно большой наклон (17°) к плоскости эклиптики и вытянута настолько, что в перигелии подходит к Солнцу на более короткое расстояние,

чем Нептун. Орбита же Харона почти перпендикулярна орбите Плутона. Харон в два раза меньше, чем Плутон, а их массы близки, что нехарактерно для других планет и их спутников. Кроме того, в противоположность газообразным планетам-гигантам, Плутон и Харон — тела небольшие и твердые. Огромная удаленность Плутона и его спутника от Солнца (в 40 раз превышающая расстояние от Земли до Солнца) предполагает, что все эволюционные изменения на этих космических телах происходили очень медленно. Возможно, ключ к решению вопроса о происхождении и эволюции всей Солнечной системы лежит в понимании физико-химических особенностей этой планетарной пары, и прежде всего их состава и структуры поверхности.

Применение в Космическом телескопе им. Хаббла камеры для слабоосве-

Фотография Плутона и его спутника Харона. Сделана 21 февраля 1994 г. на Европейской южной обсерватории с помощью Космического телескопа им. Хаббла (Hubble Space Telescope News. 1994. May 16).



ценных объектов является первым шагом к решению этих вопросов. Уже сейчас можно идентифицировать области с различной отражательной способностью на поверхности Плутона, получать изображения как в обычном свете, так и в ультрафиолетовых лучах. Ученые надеются уже в скором будущем построить мелкомасштабную карту поверхности этой планеты и ответить на давно стоящий вопрос о возможности существования атмосферы вокруг Плутона.

ESO. Press Release. 1994. 18 May.

ОТ РЕДАКЦИИ

Данные, приведенные в этой новости, вместе с известной величиной сидерического периода обращения системы Плутон—Харон — 6,387 сут — позволяют определить суммарную массу этой системы — $1,84 \cdot 10^{21}$ кг. Разделив ее на суммарный объем, получим, что средняя плотность этих планет-близнецов равна $3,0 \text{ г/см}^3$.

Такая величина средней плотности Плутона—Харона может показаться неожиданно большой для удаленных планет (считалось, что они состоят из льда). Однако она с хорошей точностью ложится на эмпирическую зависимость плотностей планет Солнечной системы, приведенной в статье А. В. Бялко "Великое столкновение: геофизические следствия" (Природа. 1994. № 3. С. 43).

Планетология

Там скрывается планета!

Прошло десять лет с тех пор, как вокруг звезды Бета из созвездия Живопис-

ца, находящейся в 50 световых годах от Земли, был открыт диск из космической пыли. И все время астрономы подозревали, что именно эта область служит как бы "родильным домом" для новых планет. На такую мысль их наводило сходство протекавших там процессов с теми, что некогда происходили, очевидно, вокруг еще молодого Солнца: пылевые частицы, объединяясь, "производили на свет" планеты Солнечной системы.

Недавно французские астрономы П. О. Лагаж (P. O. Lagage) и Э. Пантэн (E. Pantin), работая на 3,6-метровом телескопе Европейской Южной обсерватории в Ла-Силла (Чили), похоже, нашли подтверждение этой гипотезы.

Они установили, что внутренняя область диска практически свободна от пыли. А это говорит о существовании источников тяготения, иначе говоря — ненаблюдаемых нами планет, общей массой в несколько раз превышающих Землю: именно они своим гравитационным возмущением устранили оттуда пылевые частицы.

Ранее это обнаружить не удавалось, так как и в видимой части спектра, и в близкой инфракрасной области сама звезда излучает ярче, чем светится окружающая ее пыль, что препятствует наблюдениям. Теперь же наблюдения проводились в дальнем инфракрасном диапазоне (10 мкм), в котором излучение пылевого диска и звезды примерно одинаково.

Оказалось, что радиус относительно "чистой" внутренней части диска приблизительно равен расстоянию, отделяющему Солнце от Плутона. Нельзя сказать, что данная область полно-

стью лишена пыли. Но ее там значительно меньше, чем во внешней части диска: на расстоянии половины радиуса ее плотность составляет лишь одну десятую плотности на периферии. Весьма возможно, что отсутствующая здесь космическая пыль и пошла на образование планеты. Замеченная астрономами некоторая асимметрия между противоположными сторонами диска свидетельствует в пользу предположения, что гипотетическая планета обращается вокруг своей звезды по вытянутой эллиптической орбите. Nature. 1994. V. 369. № 6482. P. 610, 628—630 (Великобритания).

Химия атмосферы

А была ли озонная дыра!

Еще в 1958 г. французские метеорологи сообщали о том, что в воздушном пространстве над южнополярной обсерваторией Дюмон д'Юрвиль они наблюдали область с существенно пониженным содержанием атмосферного озона. Если это соответствует действительности, то вину за разрушение озоносферы нельзя возлагать, как это делается, на хлорфторуглероды, обладающие способностью разлагать озон: в 50-х годах содержащиеся в аэрозолях хлорфторуглероды вырабатывались еще в малых количествах и воздействовать на антарктическую атмосферу, очевидно, не могли. В данном случае истощение озонового слоя следовало считать природным, а не антропогенным явлением.

Ретроспективную проверку озонометрических дан-

ных за период Международного геофизического года ныне предпринял П. Ньюман (P. Newman; Центр космических полетов им. Годдарда НАСА, Гринбелт, штат Мэриленд, США).

Примененная французскими полярниками методика состояла в измерении ультрафиолетового излучения Луны, Солнца и удаленных звезд с помощью фотопластинок: поскольку озоносфера блокирует поступающее ультрафиолетовое излучение, это позволяет оценивать количество О₃, содержащегося в воздухе. В результате тогда исследователи пришли к выводу, что концентрация озона в 1958 г. была чрезвычайно низкой: в сентябре она составляла лишь 110, а в октябре — 120 единиц Добсона.

Однако Ньюман считает это ошибкой. Он указывает, что данные обсерватории Дюмон д'Юрвиль не совпадают с данными четырех других антарктических станций, три из которых расположены на материке, а одна — на близлежащем острове: там содержание озона, измеренное надежными спектрофотометрами, в октябре не падало ниже 293 единиц Добсона.

Причину ошибки исследователь видит в том, что на станции Дюмон д'Юрвиль суточные озонметрические показатели в 1958 г. были подвержены большим колебаниям, чем на других станциях. Кроме того, спутниковые измерения содержания озона над этим районом Антарктиды, начатые в 1978 г., показывают, что французские данные 1958 г. не соответствуют наблюдаемым здесь типичным характеристикам озоносферы.

Science. 1994. V. 264. № 5158. P. 543; Science News. 1994. V. 145. № 21. P. 333 (США).

Химия

Дубний и другие

Вопрос о наименовании химических элементов, следующих за фермием (по аналогии с трансурановыми их в литературе стали называть трансфермиевыми), оказался настолько спорным, что для его решения в 1986 г. Международному союзу теоретической и прикладной физики (IUPAP) и Международному союзу теоретической и прикладной химии (IUPAC) пришлось сформировать специальную рабочую группу TWG (от англ. Transfermium Working Group). За это время группа выработала критерии, по которым открытие химического элемента можно считать состоявшимся, и подробно изучила ситуацию с трансфермиевыми элементами. Кроме того, TWG признала, что право давать наименования химическим элементам должно оставаться за специальной комиссией по номенклатуре в органической химии IUPAC.

Комиссия, в состав которой входят 20 химиков с равным правом голоса из 12 стран (в том числе и России), провела в августе 1994 г. рабочую встречу на оз. Балатон в Венгрии.

После широкого обсуждения самих принципов наименования было решено придерживаться уже существующей практики называть химические элементы по именам ученых, по географическим названиям и свойствам; 16 голосами против 4 было принято решение не использовать имен еще живущих людей. Прежде чем выработать рекомендации относительно трансфермиевых элементов, вошедших в таблицу Менделеева под номерами от 101 до 109 включительно, комиссия обратилась за предложениями в три основных научных центра, причастных к открытию этих элементов: Лабораторию им. Лоуренса в Беркли (Калифорния), Единственный институт ядерных исследований в Дубне и Национальный центр по физике тяжелых ионов в Дармштадте (ФРГ). Естественно, ни один из них не остался безучастным в решении столь приоритетного вопроса, и комиссия получила аргументированные предложения из всех трех центров.

Результат работы комиссии и степень единодушия в ней представлены в таблице.

За элементами 101 — 103 были закреплены уже

Трансфермиевые элементы

Порядковый номер элемента	Название	Символ	Голоса "за"
101	Менделевий	Md	20
102	Нобелий	No	20
103	Лауренций	Lr	20
104	Дубний	Db	19
105	Жолиотий	Jl	18
106	Резерфордий	Rf	18
107	Борий	Bh	20
108	Ганний	Hn	19
109	Мейтнерий	Mt	20

принятые когда-то названия, 104-й элемент наименован дубнием в знак признания большого вклада, который международный центр в Дубне внес в развитие химии и современной ядерной физики. Все следующие элементы названы в честь ученых, чья роль в развитии ядерной физики и химии оказалась ключевой.

Выработанные комиссией рекомендации уже получили единогласную поддержку со стороны Бюро IUPAC и будут опубликованы в декабрьском номере журнала "Pure and Applied Chemistry". Принятые решения подлежат ратификации на Совете IUPAC в 1995 г.

© И. Н. Арутюнян
Москва

Зоология

На поиски "чудовища" амазонских джунглей

В тропические леса бразильского штата Акри, граничащего с Перу, отправилась в 1994 г. экспедиция под руководством американского биолога Д. Орена (D. Oren; ныне сотрудник Музея им. Гельди, Белен, Бразилия), чтобы проверить, имеет ли под собой почву поверье с "страшном чудовище мапингуари". По преданию, гигантский одноглазый зверь, тело которого покрыто рыжей шерстью, а пасть находится "на брюхе", отгрызает голову своим жертвам; кроме того, животное выдыхает ядовитый газ, нестерпимый для всякого, кто осмелится к нему приблизиться.

Помимо индейцев, населяющих среднее и верхнее течение Амазонки, о встречах с мапингуари рассказывают и сборщики латекса

(смолы каучуконосных деревьев), и золотоискатели, проводящие многие месяцы в чаще многоамериканских джунглей.

Сам Орен почти уверен в реальности этого зверя потому, что во всех местных индейских языках и наречиях есть его специфическое название, и при этом сходятся его описания. Орен полагает, что мапингуари — это древний гигантский ленивец, сохранившийся до наших дней с тех времен, когда подобные животные во множестве населяли континент. По-видимому, масса его тела близка к 200 — 300 кг, питается он, вероятнее всего, плодами дикорастущих растений, а "рот на брюхе" — это некая железа, выделяющая непереносимый человеком зловонный секрет. Есть сведения, что люди уже трижды пытались отловить его, но вынуждены были отступить, не выдержав "ужасного" запаха.

Экспедиция вышла в февраль — именно в это время года, по сообщениям местных жителей, мапингуари спускаются в лес с безлюдных склонов Анд. С чем вернутся исследователи, покажет будущее.

New Scientist. 1994. V. 141. № 1909. P. 9 (Великобритания).

Ботаника

Этот плод знали ацтеки

Ботаник Д. Уильямс (D. Williams; Министерство сельского хозяйства США) на базаре в городке Тлаксала, что в горной части Мексики, заметил разложенную для продажи кучку незнакомых ему зеленых плодов величиной с небольшой помидор. Купив

их, он смог установить, что они принадлежат растению *Lucianthes moziniana* из семейства пасленовых; впервые оно было научно описано в XIX в., но впоследствии мало привлекало внимание специалистов. Съедобны ли плоды лицианта, ученым было неизвестно, и даже о самом его существовании слышали лишь немногие жители Тлаксалы.

Растение произрастает в горах на высоте более 2 тыс. м над ур. м. Чаще всего оно встречается в качестве сорняка на кукурузных полях, возделываемых индейцами — прямыми потомками ацтеков. Крестьяне называют его "тланочтле". Здешние жители пропахивают поля с осторожностью, чтобы не повредить растение, а плоды собирают вручную. Они имеют приятный кисло-сладкий вкус и служат на столе индейцев своего рода деликатесом.

Продолжая исследования в библиотеках и архивах, Уильямс должен был отказать от собственного предположения, что индейцы в настоящее время постепенно одомашнивают это растение. Оказалось, что под названием "ноночтон" оно же (о чем свидетельствует рисунок) упоминается в так называемой Бадиановой рукописи — переведенной 450 лет назад на латынь манускрипте, описывающем лечебные растения древних американцев. Автором его был крещеный ацтек по имени Martin de la Cruz. Рядом с рисунком помещен текст, из которого следует, что плоды растения помогают "от боли в сердце".

Очевидно, во времена Ацтекской империи лициант был здесь широко распространен, но после испанского завоевания заброшен как незнакомый новым хозяевам

страны. И сохранился он только в удаленном районе горной Мексики, куда конкистадоры заходили редко, но крестьяне не забыли его приятного вкуса. Если б не нынешняя находка, растение, быть может, было бы обречено на полное исчезновение под натиском современных методов возделывания почвы.

Плоды лицианта оказались богаты витамином С. Можно полагать, что развитая корневая система многолетнего растения позволит сделать его вполне подходящим для возделывания в Мексике на крутых склонах неиспользуемых земель.

New Scientist. 1994. V. 142. № 1922. P. 6 (Великобритания).

Медицина

Осторожно: в желудке — бактерия!*

Австралийские исследователи Б. Маршалл и Дж. Уоррен (B. Marshall, J. Warren) независимо друг от друга обнаружили в 1983 г., что у 70 % больных хроническим гастритом выявляется микроорганизм, названный впоследствии *Helicobacter pylori*. Сделанное ими предположение о чисто инфекционной природе хронического гастрита вызвало волнение в мире гастроэнтерологов, потребовавших дополнительных доказательств.

* Подборку на эту тему см. в следующем номере.

¹ Marshall B. J., Warren J. R. Unidentified curved bacilli in the stomach of the patients with gastritis and peptic ulceration. // Lancet. 1984. V. 1. P. 1311—1315.

В духе ученых прошлого века Б. Маршалл поставил эксперимент на себе. Он выпил суспензию чистой культуры хеликобактера, полученной из биоптата слизистой оболочки желудка больного с активной формой хронического гастрита. Через 10 дней при проведении гастроскопии у него обнаружили все признаки этого заболевания. Убедительные доказательства причастности этой бактерии к развитию гастрита были в дальнейшем получены и на лабораторных животных, в том числе на человекообразных обезьянах.

Хорошо известно, что хронический гастрит тесно связан с язвенной болезнью, а риск ее развития при инфекционном хроническом гастрите увеличивается в 10 раз. Хеликобактерии повреждают именно эпителиальные клетки желудка, создавая тем самым возможность для начала формирования язв.

Последующие исследования показали, что эти бактерии участвуют в развитии не только язвы желудка, но и двенадцатиперстной кишки, хотя и не поселяются на ее эпителиальных клетках. Все дело в том, что у 70 % больных дуоденальной язвой в двенадцатиперстной кишке находят островки желудочного эпителия, где и оседают бактерии. Несмотря на несомненную связь инфекционного гастрита с язвой двенадцатиперстной кишки, механизмы развития последней остаются неясными. Очевидно, что зависимость между ними не прямая, и хеликобактер нельзя считать возбудителем язвенной болезни как двенадцатиперстной кишки, так и желудка.

В последние годы появились сообщения о том, что хеликобактер играет не

последнюю роль и в развитии рака желудка. В странах Южной Америки и Японии, где сравнительно высок уровень этого заболевания, высока и инфицированность населения *H. pylori*. По заключению Европейской исследовательской группы EUROGAST, риск рака желудка в популяциях со 100 %-ным инфицированием хеликобактером в шесть раз выше, чем у неинфицированных.

Хронический гастрит традиционно занимает первое место в перечне предраковых состояний. При его прогрессировании часто развивается атрофия (уменьшение до полного исчезновения) слизистой оболочки желудка. У больных с обширной атрофией риск развития рака в 80—90 раз выше, чем у больных с целой слизистой. Роль хеликобактера в развитии ракового процесса заключается в том, что он усиливает размножение клеток эпителия желудка, причем не только разрушая часть клеток, что стимулирует деление оставшихся и замещение дефекта незрелыми клетками, но и активизируя синтез биогенных стимуляторов клеточного обновления — цитокинов. При этом хеликобактер продуцирует вещества, обладающие мутагенным действием, и подавляет местные защитные механизмы, что способствует раковому перерождению эпителиальных желудочных клеток.

Несмотря на то, что рак желудка все-таки нельзя назвать инфекционной болезнью, полученные данные подтверждают проканцерогенные свойства хеликобактера.

Иммунология

Механизм возникновения малярии

На земном шаре ежегодно заболевают малярией примерно 110 млн. чел. (по данным за 1991 г.), и около 2 млн. из них умирают. В настоящее время почти не существует эффективных средств лечения малярии из-за все большего распространения лекарственно устойчивых штаммов ее возбудителя.

Ключевым моментом развития малярии является внедрение возбудителя (*Plasmodium falciparum*) в эритроциты человека. Механизм его проникновения долгое время оставался неизвестным, хотя с 1985 г. высказывались предположения, что в этом процессе участвует белок ЕВА-175, вырабатываемый малярийным плазмодием.

Подтверждение этой точки зрения было недавно найдено. Сотрудники Национального института аллергии и инфекционных заболеваний (Бетезда, штат Мэриленд, США) идентифицировали ту часть белка ЕВА-175, которая связывается с эритроцитами, и методом генной инженерии получили ее. Затем был найден на поверхности эритроцитов рецептор к ЕВА-175. Им оказался гликофорин А, который входит в состав клеточной мембраны и построен из белковой "опоры" и цепей полисахаридов. Чтобы проникнуть в клетку, малярийному плазмодию нужно связать определенный участок своего белка ЕВА-175 с белковым фрагментом гликофорина, а также с одной из его полисахаридных цепей (а именно — с сиаловой кислотой).

На основе полученных

результатов исследователи предлагают использовать синтетический или генно-инженерный фрагмент белка ЕВА-175 для иммунизации. Он сможет играть роль антитела к тому участку гликофорина А, который служит рецептором к ЕВА-175, и будет блокировать соединение малярийного плазмодия с эритроцитом.

Science. 1994. V. 264. № 5167. P. 1941—1944 (США).

Иммунология

Вакцина против газовой гангрены

Остановить развитие газовой гангрены антибиотики в большинстве случаев не успевают, так как возбудитель этой болезни *Clostridium perfringens* очень быстро размножается в глубине раневых тканей в анаэробных условиях. Возбудитель вырабатывает белок, называемый α -токсином, который сначала отравляет окружающие рану ткани, а затем быстро поражает весь организм. Очень часто единственным средством лечения газовой гангрены является ампутация пораженной конечности.

Группа исследователей из Организации химической и биологической защиты Великобритании предложила использовать для борьбы с гангреной генно-инженерную вакцину CBDE. Они синтезировали ген, несущий информацию о синтезе определенного фрагмента α -токсина, и ввели его в геном кишечной палочки (*E. coli*), чтобы быстро получить для экспериментов достаточное количество нужного фрагмента. У животных, которых иммунизировали этой вакциной, развитие газовой

гангрены останавливалось.

Механизм действия вакцины заключается в стимуляции иммунной системы организма к выработке антител против α -токсина, что ведет к его нейтрализации и останавливает его распространение в здоровых тканях.

В настоящее время предложенная вакцина испытывается на людях. Особенно ценной она может оказаться во время стихийных бедствий и войн, когда наблюдаются вспышки этого заболевания.

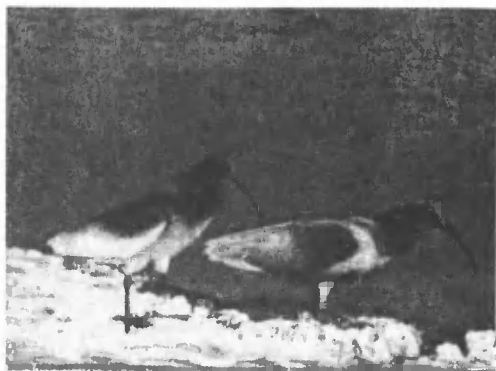
New Scientist. 1994. V. 141. № 1918. P. 18 (Великобритания).

Охрана природы

Заморозить для будущего

На всей нашей планете на сегодня в живых сохранилось лишь два хохлатых ибиса. Остаток своих дней они проводят в заповеднике на островке Садо, расположенном к западу от главного японского острова — Хонсю. Обе особи вышли из репродуктивного возраста, их организм уже не производит жизнеспособных половых клеток. Между тем эта птица — любимец японского народа, персонаж многих песен и сказаний.

Единственная, хотя и весьма слабая надежда сохранить хохлатого ибиса — заморозить его соматические клетки до лучших времен. Это позволило бы сбересть всю его наследственную информацию, записанную в ДНК. Ученые надеются, что со временем техника клонирования усовершенствуется и позволит получить птиц, выращенных из соматических клеток.



Хахлатые ибисы.

Возможно, для этого понадобится ввести ДНК ибиса в яйцо какой-либо другой птицы. Хотя соответствующая техника пока не разработана, эта идея уже весьма популярна среди посмотревших фантастический фильм "Парк юрского периода", где подобным образом возрождают давно вымерших динозавров.

Когда здравствующие ныне ибисы умрут, у них возьмут ткани из различных частей тела и поместят в жидкий азот с температурой минус 196 °С. Дальнейшее — дело техники, лучше сказать — ее предстоящего развития.

Исключительно на пернатых японские ученые останавливаются не намерены. Они планируют попытки клонировать клетки бобров, которые тоже стоят на грани вымирания. Может быть даже, это удастся сделать с уже давно исчезнувшим с лица Земли японским волком, если повезет собрать достаточное количество его ДНК из хранящихся в музеях экспонатов.

Конечно, лучше бы вовсе не допускать исчезновения на Земле ни одного из видов, но если это уже не удалось, остается надеяться на холодильник и будущие успехи науки.

New Scientist. 1994. V. 141. № 1910. P. 10 (Великобритания).

Вулканология

Килауэа продолжает извергаться

Начавшаяся более десятилетия назад активность вулкана Килауэа на о. Гавайи (США) не затихает¹.

8 февраля 1994 г. озерко лавы в кратере Пу'у О'о стояло на уровне 84 м ниже стока, образовавшегося ранее в его кромке. С западной стороны устья р. Камоамоа наблюдался лавовый "водопад", обрушивавшийся ранее "полка" из застывших изверженных пород длиной около 200 м дважды за месяц падала в море, однако новые потоки лавы очень скоро ее возобновляли. 22 февраля обрушение было особенно крупным: рухнул отрезок побережья шириной 25 м и длиной 400 м.

Все эти события сопровождалось сейсмической активностью. 1 февраля произошло землетрясение магнитудой 5,2, которое ощущалось по всему о. Гавайи,

¹ См.: Вулкан похоронил залив // Природа. 1993. № 9. С. 119; Силкин Б. И. "Юбилей" вулкана Килауэа // Природа. 1994. № 8. С. 75—79.

и также на о-вах Мауи, Молокаи, Оаху и Кауаи. Его эпицентр находился в 18 км к югу от вершины Килауэа, очаг залегал на глубине 23 км. Главный толчок сопровождался 300 повторными толчками. Жертв и разрушений не было. Почти непрерывное извержение Килауэа продолжается.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1994. V.19. № 2. P. 7 (США).

Вулканология

Семеру подтверждает свою репутацию

В восточной части о. Ява (Индонезия), в точке с координатами 8.11° ю. ш., 112.92° в. д., расположен вулкан Семеру. Это самая высокая (3676 м на ур. м.) и одна из наиболее активных огнедышащих гор в стране. Семеру замыкает с юга вулканический массив, протянувшийся рядом с городом Маланг (в 40 км от горы), вплоть до кратера Тенгер.

Первое зарегистрированное в истории извержение Семеру относится к 1818 г.; с тех пор он извергался каждые несколько лет, временами приводя к человеческим жертвам и разрушениям. Начиная с 1967 г. вулкан находится в состоянии почти постоянного возбуждения.

В ночь на 3 февраля 1994 г. жители окрестных поселков были разбужены мощным, но кратким грохотом со стороны его вершины. Затем последовал обильный пеплопад. К утру со склонов вдоль русел рек Кембар и Кобокан спустились языки лавы длиной 7 и

11 км. Огненный поток вступил в деревню, расположенную между этими реками. Пришлось эвакуировать 275 жителей деревни, но шестеро крестьян погибли; было уничтожено много домов, сейсмическая станция; пострадали посевы на площади 1,5 км².

Наблюдения за Семеру ведут сотрудники Вулканологической службы Индонезии (Банджунг) и геофизической лаборатории Университета Гаджа Маду (Джокьякарта).

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1994. V. 19. № 1. P. 2 (США).

Сейсмология

Землетрясения "не на месте"

В отличие от Калифорнии и других западных штатов, прилегающих к тихоокеанскому побережью США, восточный регион страны, тяготеющий к Атлантике, не считается сейсмически активным. Однако последние исследования, выполненные под руководством К. А. Пауэлл (С. А. Rowell, Университет штата Северная Каролина, Чепел-Хилл), показывают, что это мнение ошибочно.

Известно, что в прошлом, но уже в историческую эпоху, значительные землетрясения изредка происходили в долине р. Миссисипи, в районах Чарлстона (штат Южная Каролина), Кейп-Энн (Массачусетс) и даже в Нью-Йорке. Теперь к перечню мест, где подземные толчки вполне реальные, присоединяется восточная часть штата Теннеси.

Хотя здесь ни разу не регистрировали крупных землетрясений (наиболее сильное, случившееся в 1973 г., имело магнитуду не более 4.6 по шкале Рихтера), ныне исследователи, судя по характеру сейсмической активности в области Аппалачей, протянувшихся вдоль границы между Теннеси и Северной Каролиной, нашли указания на возможность сильных толчков.

За последние 10 лет на территории восточной части штата Теннеси выделилось сейсмической энергии в расчете на 1 км² больше, чем в любой иной области восточных штатов США (не считая лишь района Нью-Мадрида в штате Миссури, известного четырьмя мощными землетрясениями зимой 1811/12 гг.).

Регистрация волн, возбуждаемых весьма слабыми толчками, показывает, что они происходят вдоль четко очерченной полосы между городами Чаттануга и Ноксвилл (до 1977 г. толчки были разбросаны по широкой области, достигающей западной части Северной Каролины, но с тех пор сейсмическая зона существенно сузилась).

Полоса сейсмической активности в восточном Теннеси совпадает с геологической границей двух блоков земной коры. Пауэлл предполагает, что здесь находится крупный разлом, способный породить мощные землетрясения. В связи с этим в опасности могут оказаться расположенные поблизости несколько плотин гидроэлектростанций и две атомные электростанции.

Общая же оценка такова: для района США, лежащего к востоку от Скалистых гор, риск стать до 2020 г. ареной землетрясе-

ния магнитудой по меньшей мере 6 по шкале Рихтера составляет 40—60 %.

Science News. 1994. V. 145. № 18. P. 270 (США).

Метеорология

Совершенствуется прогноз ураганов

Национальная метеорологическая служба США в разработке прогнозов экстремальных явлений погоды обычно опирается на математические модели, построенные в нескольких различных учреждениях. Относительная ценность этих моделей затем анализируется и сопоставляется.

В августе 1993 г. к Атлантическому побережью США подошел ураган "Эмили". Согласно моделям Национального центра по изучению ураганов (Корал-Гейблс, штат Флорида), следовало ожидать, что вся его сила обрушится в основном на территории штатов Северная и Южная Каролина. Однако экспериментальная модель, которую предложили сотрудники Лаборатории геофизической динамики жидкостей Национального управления по изучению океана и атмосферы, оказалась значительно более точной. В полном соответствии с их прогнозом ураган "Эмили", прежде чем выйти на континент, круто повернул в сторону, задев крылом лишь малый участок суши — мыс Гаттерас (Северная Каролина), глубоко вдающийся в море. Однако тогда этот прогноз поступил в Центр оповещения об ураганах с некоторым опозданием (проработка каждого из вариантов развития "Эмили" отнимала около 6 ч компьютерного времени).

С июня 1994 г. в Национальном метеорологическом центре США в Сьютленде (штат Мэриленд) действует новая ЭВМ типа "Cray-90", которая обладает значительно большим быстродействием, позволяя завершить вычисления всего за 20 мин.

Модель давала возможность во время приближения "Эмили" предсказывать местонахождение урагана с заблаговременностью 1 сут и со средней ошибкой около 77 км (средняя ошибка самых точных из применявшихся тогда других моделей — около 130 км). Дальнейшее совершенствование модели этих исследователей позволит оценивать силу ветра и размеры охватываемых стихийным бедствием территорий, что пока удается делать весьма приблизительно.

Помимо новых моделей и ЭВМ, американские специалисты по прогнозу экстремальных явлений погоды получают в свое распоряжение и другие совершенствующие их деятельности средства. Так, в апреле 1994 г. на орбиту вышел давно ожидавшийся геостационарный метеоспутник, который с конца лета предоставляет необходимые для прогноза изображения атмосферных систем, в том числе охватывающие Атлантическое побережье Африки, где часто зарождаются штормы. Обновляется радиолокационная метеосистема, оснащаемая новыми доплеровскими радарными установками.

По заверениям Р. Шитса (R. Sheets), директора Национального центра по изучению ураганов, через два года американский метеопрогноз заблаговременностью 36 ч не будет уступать по точности нынешнему прогнозу 24-часовой за-

благовременности. К "отрицательным факторам" он относит тот, что бурный рост населения на Атлантическом побережье Северной Америки обгоняет способности Метеослужбы США предсказывать опасные явления.

Science News. 1994. V. 145. № 23. P. 357 (США).

Палеогеография

Древнейший янтарь Британии

До сих пор в Великобритании янтарь обнаруживали главным образом на берегах Северного моря, куда его приносили морские течения из Прибалтики. Возраст такого янтаря не древнее 38 млн. лет. Нередко он насыщен воздушными пузырьками, что снижает его плотность, придает плавучесть и позволяет течениям переносить на большие расстояния.

Палеонтолог К. Николас (С. Nicholas; Кембриджский университет, Англия) и коллекционер-любитель М. Симпсон (M. Simpson), обследуя осадочные породы в русле древней, давно исчезнувшей реки на южном берегу английского острова Уайт, обнаружили небольшое скопление янтарной гальки. Возраст отложений — 115 млн. лет; они относятся к раннемеловому периоду, когда здесь существовало море Уэлден, простиравшееся на территории нынешних графств Кент и Суссекс.

Крупнейший из собранных ими 40 образцов янтаря достигает 4 см в длину. К сожалению, ни в одном из них не заключены столь

привлекательные для палеонтологов остатки растительности или животных. Статистика показывает, что янтарь с "мумифицированной" органикой на Балтике составляет около 1 %, поэтому английские исследователи не теряют надежды найти такой и у себя на родине.

Анализ уайтского янтаря показал, что он образовался из смолы ископаемого хвойного дерева *Brachyphyllum*, которое относится к семейству араукариевых. Результаты инфракрасной спектроскопии говорят о сходном составе британского янтаря и янтаря того же мелового возраста, происходящего из Канады и Израиля. Возможно, британский янтарь образовался в лесах, произраставших недалеко к северу от о. Уайт, на территории нынешнего Суссекса, а оттуда реки могли вместе с древесиной перенести его на юг, к месту находки.

New Scientist. 1994. V. 141. № 1911. P. 17 (Великобритания).

Об искусстве необычных вычислений

Ю. А. Шрейдер,

доктор философских наук
Москва

КНИГА сразу подкупает тем, что несет на себе неизгладимый отпечаток авторских размышлений. Даже пересказ примеров воспринимается как авторская точка зрения на их место в общем контексте. Наконец, книга завершается осмысляющим послесловием Р. Г. Баранцева, выражающим некую философию асимптотологии. Это послесловие убедительно показывает, что асимптотология — не набор разрозненных методов и результатов, но некое идейное единство.

Мне жаль, что в книгу не вошло очень любопытное рассуждение первого из ее авторов о противопоставлении строгой и теоретической математики¹. Асимптотология — это яркий пример области, относящейся к теоретической, а не строгой математике, для которой характерно получение эффективных методов расчета, опирающихся на физическую интуицию, но не имеющих (до поры до времени) строгих обоснований их сферы применимости².

В отличие от легитимных, с позиций строгой математики, методов приближенных вычислений, позволяющих получить результат со сколь угодно высокой точностью в заранее задан-



И. В. Андрианов, Л. И. Маневич.
АСИМПТОТОЛОГИЯ:
ИДЕИ, МЕТОДЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ.
М.: АСЛАН, 1994. 159 с.

ной области, асимптотические методы принципиально этого не позволяют, их относительную погрешность можно сделать сколь угодно малой, выбирая достаточно близкую окрестность особой точки, особой траектории или вообще некоторой малоразмерной особенности. Каждый шаг увеличения точности здесь достигается за счет очередного сужения области применения. Строгое определение асимптотического приближения впервые было дано А. Пуанкаре. Авторы резонно приводят развернутую цитату из его книги "Новые методы небесной механики", где понятие асимптотического приближения впервые получило строгое определение. Однако фактическое использование таких приближений было начато еще великим Эйлером при

расчете планетных орбит методом возмущений.

Надо особо отметить удачу историко-биографического очерка, посвященного математикам и физикам, внесшим наиболее значимый вклад в будущую "асимптотологию". Речь идет здесь о Л. Эйлере, А. К. Клеро, Ж. Д'Аламбере, Ж. Л. Лагранже, П. С. Лапласе, А. Пуанкаре, А. Паде, Б. Ван дер Поле, А. М. Ляпунове и Л. Прандтле.

В этом завершающем очерке ярко показана идейная преемственность методов, составляющих костяк этой области. Но начинается книга с выявления основных идей, на которых строятся асимптотические приближения. Стоит процитировать начало первой главы "Что такое асимптотические методы": "Если смысл слова "симметрия" — "соразмерность", то построение асимптотики часто сводится к поиску резких, отчетливо выраженных несоответствий (большое — малое, длинное — короткое, медленное — быстрое и т. п.)" (с. 11). Далее это положение воплощается в примерах достаточно конкретных, чтобы ощутить их истинное содержание, но очищенных от технических деталей, затемняющих суть. По праву первым стоит пример расчета планетных орбит. Если бы планета существовала наедине с Солнцем, то она двигалась бы по идеальной эллиптической орбите (по законам Кеплера). Влияние других небесных тел существенно слабее, чем со-

© Шрейдер Ю. А. Об искусстве необычных вычислений.

¹ Андрианов И. В., // Знание — сила. 1994. № 5.

² Андрианов И. В., Маневич Л. И. Две ипостаси асимптотики // Природа. 1987. № 4. С. 85—97.

плечное притяжение. И поэтому реальную орбиту можно рассматривать как возмущение идеальной. Так исторически появились первые асимптотические методы. Следующий пример возник в механике существенно позже. Это движение потока жидкости, обтекающего некое тело, когда вязкостью можно пренебречь всюду, кроме тонкого "пограничного слоя" около обтекаемого тела, где вязкость существенна. Асимптотические методы позволяют высчитать распределение скоростей в пограничном слое.

Один из существенных асимптотических подходов — это "метод усреднения", позволяющий сначала упростить описание системы, "отвлекаясь от ее локальных особенностей, а затем уже исследовать систему локально" (с. 17). По сути этот метод сводится к разделению медленных и быстрых составляющих, из которых складывается решение физической задачи. Очень важна идея "сращивания" асимптотик, полученных для малых и больших значений некоего параметра, особенно любопытно ее воплощение в дробно-рациональной аппроксимации Паде³.

Идеи асимптотики на уровне математического аппарата объясняются с помощью изящно подобранных моделей. Анализ математических примеров естественно перетекает в обсуждение примеров физических, после чего начинается рассказ о конкретных физических областях применения асимптотологии. Это небесная механика, теория пластин и оболочек, физика

полимеров, теория композитных материалов и т. п., вплоть до решения задачи о тепловом режиме аварийного блока Чернобыльской АЭС. Наконец, затрагиваются гипотетические области использования асимптотологии, например, исследование неклассических перспектив в живописи, образование новых понятий, некоторые проблемы психологии, биологии, изучения атмосферы. Здесь речь идет о сугубо предварительных идеях, оценку перспективности которых давать преждевременно.

Более глубокие размышления касаются роли асимптотологии в выяснении соответствий между физическими теориями. Мне лично понравилось выяснение связи между механиками Аристотеля и Галилея—Ньютона. Интересен и краткий исторический экскурс о методе Вентцеля—Крамерса—Бриллюэна, позволяющем связать геометрическую и волновую оптику, а также рассмотреть квазиклассическое приближение в решении уравнений квантовой механики. Увлекательно обсуждаются различные подходы в теории оболочек и анализ метода вариации постоянных и метода усреднения Ван дер Поля в теории нелинейных колебаний.

Следует особо отметить проявленный авторами вкус в отборе материала. Книга в лучшем смысле научно-популярна: она поучительна для еще только входящих в науку и способна доставить удовольствие более искушенным читателям. В немногих местах авторы допускают срывы, сбиваясь на скороговорку, которая по сути выполняет роль намёка для посвященных. В известном смысле такой "скороговоркой" оказываются иллюстрации А. Т.

Фоменко, связь которых с проблематикой книги совсем не очевидна. Лично я не берусь ее прокомментировать. Упомянутый в книге голландский художник Эшер гораздо яснее связан с излагаемой проблематикой.

В заключение хотелось бы сделать одно принципиальное науковедческое замечание. Обычно предмет той или иной научной дисциплины нельзя выразить определением адекватно. Именно поэтому новую науку нельзя спроектировать искусственно. Новые дисциплины возникают в процессе органического роста, когда выясняется идейная связь различных подходов и результатов. Вот почему в этой книге так органично выглядит исторический обзор и так удачен подбор материалов, показывающих правомерность провозглашения асимптотологии как самостоятельного раздела "теоретической математики". По той же причине разделы, посвященные возможным применениям асимптотических методов, свидетельствуют только о достаточном уровне воображения авторов. Перечень таких разделов несложно пополнить. Можно себе представить, например, применение этих методов в этике при попытке количественной характеристики морального статуса субъекта⁴. Предельные особенности здесь соответствуют случаям полной моральной чувствительности (совестливости) и полного игнорирования моральной самооценки (бессовестности).

Может быть, в окрестностях этих особенностей действуют свои интересные асимптотики, допускающие

³ Андрианов И. В., Бредински К. Второе рождение Анри Паде // Природа. 1991. № 5. С. 126—128.

⁴ См.: Лефевр В. А. Формула человека. М., 1991.

Вниманию читателей!

Ф. СП-1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%; text-align: center;">АБОНЕМЕНТ на журнал</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">70707 <small>(индекс издания)</small></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ПЯРОДА</td> <td style="text-align: center;">Количество комплетов</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">на 1995 год</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">7</td><td style="text-align: center;">8</td><td style="text-align: center;">9</td><td style="text-align: center;">10</td><td style="text-align: center;">11</td><td style="text-align: center;">12</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> <tr> <td colspan="2">Куда</td> <td colspan="10"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="5" style="text-align: center;"><small>(почтовый индекс)</small></td> <td colspan="5" style="text-align: center;"><small>(адрес)</small></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Кому</td> <td colspan="10"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="10" style="text-align: center;"><small>(фамилия инициалы)</small></td> </tr> </table>	АБОНЕМЕНТ на журнал	70707 <small>(индекс издания)</small>	ПЯРОДА	Количество комплетов	на 1995 год		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12													Куда														<small>(почтовый индекс)</small>					<small>(адрес)</small>					Кому														<small>(фамилия инициалы)</small>																																	
АБОНЕМЕНТ на журнал	70707 <small>(индекс издания)</small>																																																																																																						
ПЯРОДА	Количество комплетов																																																																																																						
на 1995 год																																																																																																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																												
Куда																																																																																																							
		<small>(почтовый индекс)</small>					<small>(адрес)</small>																																																																																																
Кому																																																																																																							
		<small>(фамилия инициалы)</small>																																																																																																					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">ДОСТАВочНАЯ КАРТОЧКА</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%; text-align: center;">70707 <small>(индекс издания)</small></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ПВ</td> <td style="text-align: center;">место</td> <td style="text-align: center;">ли-тер</td> <td style="text-align: center;">на журнал</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">ПЯРОДА</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Стои-мость</td> <td style="text-align: center;">подписки пере-адресовки</td> <td style="text-align: center;">руб.</td> <td style="text-align: center;">коп.</td> <td style="text-align: center;">Количество компле-тов</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">руб.</td> <td style="text-align: center;">нож.</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">на 1995 год</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">7</td><td style="text-align: center;">8</td><td style="text-align: center;">9</td><td style="text-align: center;">10</td><td style="text-align: center;">11</td><td style="text-align: center;">12</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> <tr> <td colspan="2">Куда</td> <td colspan="10"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="5" style="text-align: center;"><small>(почтовый индекс)</small></td> <td colspan="5" style="text-align: center;"><small>(адрес)</small></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Кому</td> <td colspan="10"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="10" style="text-align: center;"><small>(фамилия инициалы)</small></td> </tr> </table>	ДОСТАВочНАЯ КАРТОЧКА				70707 <small>(индекс издания)</small>	ПВ	место	ли-тер	на журнал		ПЯРОДА					Стои-мость	подписки пере-адресовки	руб.	коп.	Количество компле-тов			руб.	нож.		на 1995 год					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12													Куда														<small>(почтовый индекс)</small>					<small>(адрес)</small>					Кому														<small>(фамилия инициалы)</small>									
ДОСТАВочНАЯ КАРТОЧКА				70707 <small>(индекс издания)</small>																																																																																																			
ПВ	место	ли-тер	на журнал																																																																																																				
ПЯРОДА																																																																																																							
Стои-мость	подписки пере-адресовки	руб.	коп.	Количество компле-тов																																																																																																			
		руб.	нож.																																																																																																				
на 1995 год																																																																																																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																												
Куда																																																																																																							
		<small>(почтовый индекс)</small>					<small>(адрес)</small>																																																																																																
Кому																																																																																																							
		<small>(фамилия инициалы)</small>																																																																																																					

"сшивание" для промежуточных случаев?

История показывает, что асимптотические методы весьма разнообразны и по математической структуре, и по лежащей в их основе физической интуиции. Поэтому представляется вполне естественным отсутствие общего определения, которое связало бы теории пограничного слоя, методы расчета планетных орбит и, скажем, проблему соответствия физических теорий. Подозреваю, что такого содержательного определения и не может быть. Наконец, стоит заметить, что кризис

традиционно лидировавших в научно-популярном жанре издательства привел к тому, что эту книгу выпустило христианско-просветительское издательство "АСЛАН".

Вряд ли сам этот факт стоит интерпретировать как попытку использовать науку для пропаганды или обоснования религии. Но вполне позволительно увидеть в нем признание того, что серьезное занятие наукой не только не противоречит религиозному восприятию мира, но приносит важный опыт отношения к истине, в том числе понимание необ-

ходимости сочетать строгое логическое обоснование принимаемых суждений с принятием на веру интуитивных предпосылок. Последнее в высшей степени характерно именно для асимптотологии. Наука вступает в конфронтацию с религией только в том случае, когда берет на себя роль высшей инстанции в мировоззренческих вопросах, т. е. перестает быть наукой в строгом смысле. Настоящая наука не только не противоречит христианско-просветительским задачам, но способна быть союзником в их решении.

ПРОВЕРЬТЕ ПРАВИЛЬНОСТЬ ОФОРМЛЕНИЯ АБОНЕМЕНТА

На абонемента должен быть проставлен оттиск кассовой машины

При оформлении подписки (переадресовки) без кассовой машины на абонемента проставляется оттиск календарного штампа отделения связи. В этом случае абонемент выдается подписчику с квитанцией об оплате стоимости подписки (переадресовки).

Для оформления подписки на газету или журнал, а также для переадресования издания бланк абонемента с доставочной карточкой заполняется подписчиком чернилами, разборчиво, без сокращений, в соответствии с условиями, изложенными в каталогах Роспечати.

Заполнение месячных клеток при переадресовании издания, а также клетки "ПВ - МЕСТО" производится работниками предприятий связи и Роспечати.

Над номером работали
Ответственный секретарь
Л. П. БЕЛЯНОВА
Заместитель ответственного
секретаря
В. И. ЕГУДИН

Научные редакторы
И. Н. АРУТЮНЯН
О. О. АСТАХОВА
М. Ю. ЗУБРЕВА
Г. В. КОРОТКЕВИЧ
Т. Ю. ЛИСОВСКАЯ
М. С. ПОКРОВСКАЯ
Н. А. ПОТАПОВА
К. Л. СОРОКИНА
Н. В. УЛЬЯНОВА
Н. В. УСПЕНСКАЯ
О. И. ШУТОВА

Литературный редактор
М. Я. ФИЛЬШТЕЙН

Художественные редакторы
Л. М. БОЯРСКАЯ
Е. В. СИНИЦЫНА

Заведующая редакцией
И. Ф. АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Е. Е. БУШУЕВА

Компьютерный набор
А. Г. ЕВСТИГНЕЕВ

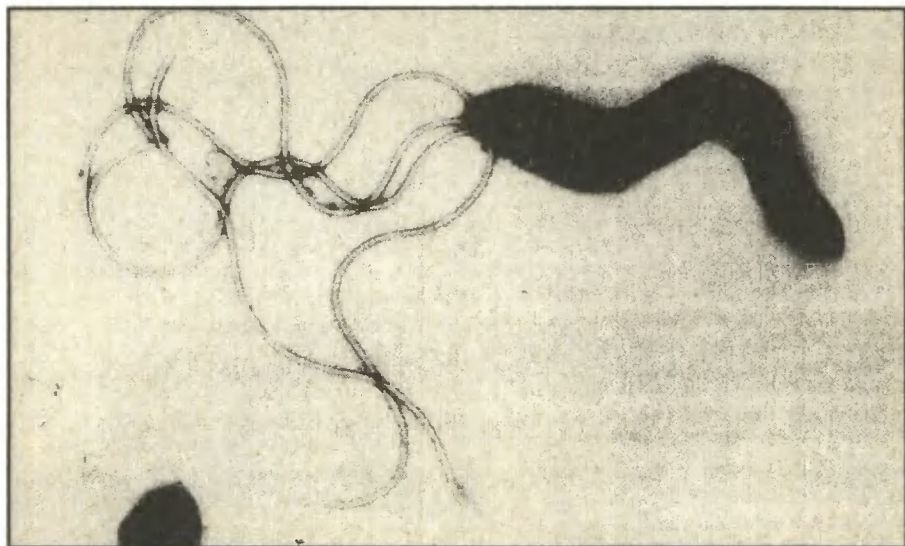
Корректоры
Т. Н. МОРОЗОВА
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА
В художественном оформлении
номера принимали участие
В. И. ЕГУДИН
В. С. КРЫЛОВА

Издательство "Наука" РАН

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

Сдано в набор 30.01.95
Подписано в печать 14.03.95
Формат 70x100 1/16
Бумага типографская № 2
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 239,7 тыс.
Уч.-изд. л. 15,0
Тираж 8954 экз. Зак. 113

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, «эпоха великих микробиологических открытий» завершилась еще в первой половине нашего столетия, однако микробиология время от времени продолжает преподносить ошеломляющие сюрпризы. К числу таковых, вне всякого сомнения, можно отнести открытие нового спиралевидного микроорганизма — *Helicobacter pylori*, обнаруженного австралийскими учеными в слизистой оболочке желудка больных хроническим гастритом и язвенной болезнью двенадцатиперстной кишки. С позиций традиционного врачебного опыта эти болезни всегда считались неинфекционными. Неудивительно, что открытие вызвало, мягко говоря, скепсис и поначалу у смелой гипотезы было мало сторонников. Но по мере того, как о микроорганизме стали узнавать все больше, интерес к инфекционной причине гастрита и язвы возрос, и теперь немало микробиологов, иммунологов, молекулярных биологов и даже врачей-клиницистов и эпидемиологов подключились к исследованиям и поиску методов борьбы с хеликобактериозом. Остается надеяться, что в ближайшем будущем докучавшие многим недуги отступят и мы будем лишь вспоминать о них, как вспоминаем об оспе, чуме и других инфекциях.

ХРОНИЧЕСКИЙ ГАСТРИТ И ЯЗВЕННАЯ БОЛЕЗНЬ — ИНФЕКЦИОННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ!

Аруин Л. И. НЕМНОГО ИСТОРИИ И НЕКОТОРЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Жуховицкий В. Г. «ЗЛОКОЗНЕННЫЙ БАЦИЛЛ»

Григорьев П. Я. ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ ХЕЛИКОБАКТЕРИОЗА

