

ISSN 0032--874X

ПРИРОДА

7-90



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Кандидат физико-математических наук
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТИШКОВ

Член-корреспондент АН СССР
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук
А. А. ВЕЛИЧКО

Академик
В. А. ГОВЫРИН

Заместитель главного редактора
Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Академик
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. А. КОМАР

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора
академик
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН СССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

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

Академик
В. Е. ХАИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАШУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
ПОПУЛЯРНЫЙ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Издается с января 1912 года



НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Почти километровая дамба, построенная монахами Соловецкого монастыря, соединяет о. Соловецкий с о. Большая Муксалма. См. в номере: **Нибург Е. А.** Долгая губа: изоляция естественная и искусственная.

Фото Ю. А. Бродского

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Звезда польского ордена Белого орла (XVIII в.). Бриллианты, рубины, золото, серебро. См. в номере: **Ахметов С. Ф., Ахметова Г. Л.** Рубин.



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



© Издательство «Наука»
журнал «Природа» 1990

В НОМЕРЕ

3 БИОСФЕРА, КЛИМАТ, РЕСУРСЫ — ЧТО НАС ЖДЕТ?

Способна ли сегодня биосфера к самоочищению? Каковы климатические последствия парникового эффекта? Чем компенсировать истощение запасов минерального сырья? Существуют ли перспективы у альтернативных стратегий производства (и потребления) энергии? Можно ли вообще избежать экологической катастрофы? На подобные вопросы у науки пока нет однозначных ответов. Но некоторые подходы ученых уже намечены довольно четко.

Горшков В. Г., Кондратьев К. Я., Шерман С. Г. УСТОЙЧИВОСТЬ БИОСФЕРЫ И СОХРАНЕНИЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ [3]
 Голицын Г. С. ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА [17]
 Сенявин М. М., Хамизов Р. Х. ОКЕАНСКАЯ ВОДА — ИСТОЧНИК МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ [25]
 Алексеев В. В. СЛЕДУЯ ЛОГИКЕ ЖИВОГО... [33]

44 Нинбург Е. А. ДОЛГАЯ ГУБА: ИЗОЛЯЦИЯ ЕСТЕСТВЕННАЯ И ИСКУССТВЕННАЯ

В судьбе Долгой губы, перекрытой дамбой в прошлом столетии, просматривается участь Невской губы, отделенной от моря «защитным сооружением».

50 КАМЕНЬ МЕСЯЦА

Ахметов С. Ф., Ахметова Г. Л.
 РУБИН

55 Березкин Ю. Е. СВЯТИЛИЩА МЕДНО-КАМЕННОГО ВЕКА НА ЮГЕ ТУРКМЕНИИ

На юге нашей страны обнаружены археологические памятники малоизвестной культуры конца IV тысячелетия до н. э.

60 Бакшт Ф. Б. МАГНИТНЫЕ МУРАВЕЙНИКИ

Муравьи, по-видимому, перетаскивают в свои гнезда зерна рудных минералов. Купола муравейников в ряде местностей Сибири оказались значительно более намагниченными, чем окружающие их почвы.

64 Рувинский А. О. ЭВОЛЮЦИЯ ПОЛА И ПРОИСХОЖДЕНИЕ МНОГОКЛЕТОЧНОСТИ

Возникновение пола и многоклеточности до сих пор остается в ряду нерешенных проблем теоретической биологии. Еще один сценарий, предложенный автором на основании умозрительных построений, поможет решить эти важные вопросы.

71 Палей А. Б. АНАТОМИЯ ПЛЮС МЕХАНИКА, ИЛИ ПОЧЕМУ ПЛОХО ЖИЛОСЬ ДИНОЗАВРАМ

Почему на Земле нет сухопутных млекопитающих с ростом 10 и более метров? Не выходя за рамки школьного курса, качественно ответить на этот и подобные вопросы можно, опираясь на самые общие физические закономерности.

75 ИЗ РЕДАКЦИОННОЙ ПОЧТЫ

78 ВНУШЕНИЕ СЕГОДНЯ И 100 ЛЕТ НАЗАД

«... Вряд ли вообще совершалось в мире какое-либо из великих исторических событий, в котором более или менее видная роль не выпадала на долю внушения»

Бехтерев В. М. РОЛЬ ВНУШЕНИЯ В ОБЩЕСТВЕННОЙ ЖИЗНИ [78]
 Ротенберг В. С. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНУШЕНИЯ [87]

89 Андроников В. Л. ПЕРВАЯ ПОЧВЕННАЯ КАРТА РСФСР

90 Несис К. Н. ГЛАЗА, ЧТОБЫ ВИДЕТЬ «КИПЯТОК»

92 Тугаринов И. А. ИСТОРИЯ ВАРНИТСО, ИЛИ КАК ЛОМАЛИ АКАДЕМИЮ В «ГОД ВЕЛИКОГО ПЕРЕЛОМА»

Архивные документы, к которым только что открыт доступ, позволяют взглянуть новыми глазами на истинное предназначение могущественной организации, сыгравшей беспрецедентную роль в истории нашей науки.

102 НОВОСТИ НАУКИ

119 КОРОТКО

120 РЕЦЕНЗИИ

122 НОВЫЕ КНИГИ [43]

ИНФОРМАЦИЯ [63, 70, 91, 101]

ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

124 Кандыба Ю. Л. ЖИЗНЬ И СУДЬБА ЛЕОНИДА АЛЕКСЕЕВИЧА КУЛИКА

Зоткин И. Т. ВДОХНОВИТЕЛЬ «ТУНГУССКОЙ ПРОБЛЕМЫ» [127]

CONTENTS

3 THE BIOSPHERE, CLIMATE, NATURAL RESOURCES — WHAT IS IN STORE FOR US?

Is the biosphere able to purify itself? What are the climatic changes induced by the greenhouse effect? How can we compensate for the shrinking of mineral resources? What are the prospects of alternative strategies of power engineering and consumption? Are there ways to avoid global ecological catastrophe? So far, science has no answers to these and other similar straightforward questions. Some members of the academic community have already formulated certain approaches.

Gorshkov V. G., Kondratiev K. Ya., Sherman S. G. BIOSPHERIC STABILITY AND SURVIVAL OF OUR CIVILIZATION (3)

Golitsyn G. S. THE GREENHOUSE EFFECT AND CLIMATIC CHANGES (17)
Senyavin M. M., Khamizov R. Kh. OCEAN WATER AS THE SOURCE OF MINERALS (25)

Alexeyev V. V. WE SHOULD FOLLOW THE LOGIC OF LIFE... (33)

44 Ninburg E. A. DOLGAYA GUBA : NATURAL AND ARTIFICIAL ISOLATION

The development patterns of Dolgaya Guba that was separated from the sea by a dam in the 19th century provide a forecast for Nevskaya Guba that was recently separated from the sea by a dyke.

50 THE GEM OF THE MONTH

Akhmetov S. F., Akhmetova G. L. RUBY

55 Berezkin Yu. E. CHALCOLITHIC SANCTUARIES IN SOUTHERN TURKMENIA

Archeological sites of a little-studied culture of the late fourth millennium B. C. were discovered in the southernmost part of our country.

60 Baksh F. B. MAGNETIC ANTHILLS

In some places of Siberia tops of anthills are more magnetic than the soil around them. It seems that the ants bring tiny ore particles to their homes.

64 Ruvinski A. O. THE EVOLUTION OF THE SEXES AND THE ORIGINS OF THE MULTICELLULAR STRUCTURE

The origins of the sexes and the multicellular structure remain so far a mystery of theoretical biology. The hypothesis suggested by the author is another attempt to solve it.

71 Palei A. B. ANATOMY AND MECHANICS, OR WHY THE DINOSAURS FOUND IT HARD TO LIVE ON EARTH

Why are there no large land mammals that would be 10 metres or higher? Detailed questions to this and similar questions can be found within the elementary course of physics.

75 LETTERS TO THE EDITOR

78 SUGGESTION TODAY AND ONE HUNDRED YEARS AGO

"... There is hardly a single event of historic significance in the world that was not, to one degree or another, prompted by suggestion".

Bekhterev V. M. SUGGESTION AND SOCIAL LIFE (78)

Rotenberg V. S. PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF SUGGESTION (87)

89 Andronikov V. L. THE FIRST SOIL MAP OF THE RSFSR

90 Nesis K. N. EYES TO SEE "BOILING WATER"

92 Tugarinov I. A. HOW THE ACADEMY WAS BEEING BROKEN IN THE "YEAR OF THE GREAT TURN"

The recently declassified archival documents allow us to reassess the true role of a powerful organization that was very prominent in the history of our science.

102 SCIENCE NEWS

119 NEWS IN BRIEF

120 BOOK REVIEWS

122 NEW BOOKS (43)

INFORMATION (63, 70, 91, 101)

MEETING THE FORGOTTEN PAST

124 Kandyba Yu. L. LEONID KULIK'S LIFE AND FATE Zofkin I. T. THE INSPIRER OF THE "TUNGUS PROBLEM" (127)

БИОСФЕРА, КЛИМАТ, РЕСУРСЫ—ЧТО НАС ЖДЕТ?

На рубеже веков и особенно тысячелетий в мире всегда усиливались апокалипсические настроения — такова уж, видно, магия нулей в номере года. Но в наше время тревога за существование человечества объясняется уже не только психологическими причинами, она во многом оправдана реальными эффектами взаимодействия человека и природы. Некоторые аспекты сместились, однако проблема выживания по-прежнему остается актуальной — если риск мировой войны, будем надеяться, в последние годы несколько снизился, то риск глобальной экологической катастрофы только нарастает. Насколько серьезен угрожающий человечеству кризис и есть ли пути выхода из него! Поиску ответов на эти вопросы посвящены 4 статьи, предлагаемые вниманию читателей.

Прежде всего нужно понять, не превзойден ли пока предел устойчивости биосферы к антропогенному воздействию, и если нет, то каким запасом устойчивости она еще обладает. Разные методы оценки дают разные ответы. Так, авторы первой статьи, рассматривая влияние цивилизации на круговорот углерода, приходят к выводу, что незамкнутость углеродного цикла уже поставила биосферу на грань необратимых катастрофических изменений. В то же время из второй статьи, анализирующей одну из самых чувствительных характеристик глобальной экосистемы — климат, следует, что, хотя никто не оспаривает реальность процессов, приводящих к «парниковому эффекту» (повышению температуры из-за антропогенного роста концентрации CO_2 в атмосфере), ученые пока не могут сказать, что абсолютно надежно обнаружили этот эффект на фоне изменений климата, вызванных другими причинами. Впрочем, даже если вопросы об устойчивом существовании биосферы и климатической катастрофе в ближайшее время остро не встанут, человечество вскоре неизбежно столкнется с недостатком минерального сырья, особенно редких элементов, и энергии (об этом две последние статьи подборки).

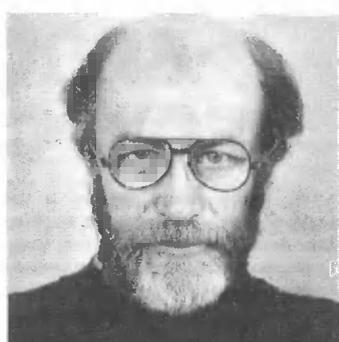
Какие же выходы из сложившегося положения можно найти! Обычно противопоставляют друг другу два варианта: либо, отказавшись от принципа непрерывного развития, ограничить потребности людей на достаточно низком уровне (в частности, как предлагается в одной из статей, резко уменьшить численность населения Земли), либо, отказавшись от сохранения биосферы в традиционном понимании, создать некую искусственную среду обитания, которая позволит удовлетворить все возрастающие аппетиты человечества. Однако оба гипотетических варианта, невольные вызывающие внутренний протест, — лишь крайние точки в спектре возможных стратегий, и оптимальное решение не обязательно должно совпадать с одним из них. Скажем, существует мнение, что изучение собственной логики развития биосферы и принятие ее принципов в качестве руководящих для человеческой деятельности позволит нам преодолеть «пределы роста» и пожертвовать не самими целями, а только некоторыми (не лучшими) средствами их достижения. Так ли это, понять пока трудно, но в любом случае дискуссия по столь обострившимся сегодня глобальным проблемам представляется нам важной и своевременной.

В. Г. Горшков, *Устойчивость биосферы*
К. Я. Кондратьев, *и сохранение*
С. Г. Шерман *цивилизации*

ЦЕЛЬ всех экологических исследований — поиск путей обеспечения нормальных условий жизни людей настоящего и будущих поколений. С 20-х годов обсуждаются два альтернативных пути: создать искусственную среду, подобную условиям в космическом корабле; сохранить природные условия, в которых человечество существовало до сих пор. Чтобы стать на

один из этих путей, нужно понять, чем обусловлены изменения окружающей среды.

Если окажется, что они определяются главным образом неправильным ведением хозяйства, то экологическая проблема превратится в выяснение возможностей построения такого хозяйства, при котором окружающая среда поддерживалась бы в стабильном состоянии. Охрана природы при этом будет иметь второстепенное значение, связанное, в основном, с удовлетворением эстетических потребностей человека. Сохранение генофонда диких видов в естественных условиях,



Виктор Георгиевич Горшков, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Ленинградского института ядерной физики им. Б. П. Константинова АН СССР. Занимается теоретическими вопросами экологии, молекулярной физики и биофизики. Автор и соавтор ряда монографий.

Кирилл Яковлевич Кондратьев, академик, советник при дирекции Института озерадения АН СССР. Направления научных исследований — глобальная экология, физические основы климата, дистанционное зондирование природной среды, сравнительная планетология.

Семен Григорьевич Шерман, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Ленинградского института ядерной физики им. Б. П. Константинова АН СССР. Основная область научных интересов — теоретические вопросы физики элементарных частиц, экологии и геофизики.

резерватах, зоопарках и генных банках приобретет чисто хозяйственное значение, не имеющее никакого отношения к экологической проблеме. Заповедники будут служить памятниками природы, пригодными для исследования лишь узким кругом специалистов. По-видимому, многие дикие виды могут выжить только при одном условии — если изъять из хозяйственной деятельности не менее 30 % обитаемой суши¹. Однако человечество, безусловно, не пойдет на такую меру, и соответствующие виды неизбежно вымрут, не вызвав у него особого беспокойства.

Если же выяснится, что сообщества естественных видов полностью определяют и поддерживают состояние окружающей среды, то охрана природы, сохранение сообществ всех диких видов и нахождение порога допустимых возмущений биосферы станет главной экологической проблемой. В этом случае перестройка хозяйства в направлении, которое позволило бы уменьшить загрязнение окружающей среды, станет второстепенной задачей, строго говоря, не имеющей отношения к экологии.

Мы приведем ряд аргументов и количественных результатов, из которых можно понять, что приемлем лишь второй путь развития человечества, обоснуем его возможность и предложим свой вариант сохранения окружающей среды, пригодной для существования цивилизации.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Определим понятия «биота», «окружающая среда» и «биосфера». Термин «биота» был введен для объединения двух понятий: фауны и флоры; под окружающей средой понимаются вещества и организмы биоты, с которыми взаимодействует каждый конкретный живой организм, а под биосферой (после Вернадского) — биоту и окружающую ее среду в глобальных масштабах². В биосферу включаются также и внешняя среда (например, верхние слои атмосферы), в которой нет живых организмов, но которая интенсивно перемешивается с окружающей средой.

Окружающая среда характеризуется концентрациями веществ, потребляемых и синтезируемых биотой: кислорода, углекислого газа, соединений азота, фосфора и других элементов, а также органических веществ. Возникает вопрос: обеспечиваются ли концентрации этих соединений (называемых часто биогенами) в окружающей среде абиогенно, т. е. геохимическими процессами, или сформированы биотой, и поддерживаются ею на оптимальном для жизни уровне?

В первом случае биота должна непрерывно приспосабливаться к изменяющейся среде. Однако за счет геохимических процессов концентрации биогенов могут меняться на 100 % за время порядка 100 тыс. лет.

¹ Вепринцев Б. Н., Ротт Н. Н. Проблемы сохранения генофонда. М., 1985.

² Вернадский В. И. Химическое строение биосферы и ее окружения. М., 1987.

За время существования жизни на Земле эти концентрации изменились бы на несколько порядков, достигнув значений, при которых никакая жизнь невозможна. Приведем пример. Известно, что концентрации атмосферных газов (в основном CO_2 и пары воды), создающие парниковый эффект, определяют температуру земной поверхности при одном и том же потоке солнечного излучения. Если количество этих газов изменится настолько, чтобы повлечь изменение температуры на 100°C (современная средняя температура 15°C) в ту или другую сторону, это приведет к гибели всего живого. Отсюда следует, что живые организмы не должны использовать вещества, концентрации которых не могут регулироваться биологически (такие вещества не следует и включать в понятие окружающей среды). Более того, благодаря биологическому регулированию должны определяться приемлемые для жизни значения таких характеристик окружающей среды, как температура, спектральный состав солнечного излучения у поверхности Земли, режим осадков и т. п.

Естественно, биота не может менять поток солнечной радиации за пределами атмосферы, скорость вращения Земли, величину приливов и отливов, рельеф местности и вулканическую активность. Но может компенсировать их неблагоприятные изменения и случайные флуктуации, меняя концентрации биогенов в окружающей среде согласно принципу Ле Шателье³. Этот принцип, хорошо известный химикам и физикам, 65 лет назад распространил на биоту и биохимические круговороты вещества в природе американский биофизик и демограф А. Лотка⁴.

Эмпирически можно установить измеримые характеристики, которые воздействуют на биоту, поддерживаются ею на определенном уровне и направлены на изменение при внешних возмущениях. В понятие биосферы мы включаем только характеристики, подверженные воздействию современной биоты. К биогенам относим вещества, концентрации которых контролируются биотой.

МЕХАНИЗМЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕГУЛЯЦИИ

Воздействие биоты на окружающую среду сводится к синтезу и разложению

органических веществ и, соответственно, к изменению соотношения между запасами органических и неорганических компонентов в биосфере. Так как в органических веществах соотношение химических элементов относительно постоянно, то продукцию (определяемую скоростью синтеза) и деструкцию (характеризуемую скоростью разложения) измеряют чаще всего по углероду — самому распространенному элементу в живой природе. Говоря о механизмах биологической регуляции окружающей среды, мы будем пользоваться единицами массы органического углерода, синтезируемого или разлагаемого в единицу времени.

Очевидно, что биота способна создавать локальные концентрации биогенов в окружающей ее среде, отличающиеся на 100 % и более от концентраций во внешней среде (где нет живых организмов), только если потоки синтеза и разложения на единицу площади (продуктивность и деструктивность) превосходят геохимические потоки переноса биогенов. Такие условия имеются в почве, поэтому она богаче органическими веществами и необходимыми для растений неорганическими соединениями, чем нижележащие слои. Следовательно, локальные концентрации биогенов в почве регулируются биологически.

Концентрации растворенных неорганических биогенов в океане меняются в несколько раз от поверхности до глубин в сотни метров: содержание кислорода уменьшается, а углерода, азота, фосфора увеличивается. Из зоны синтеза органические вещества погружаются в глубину, в зону окисления, отстоящую на сотни метров, где разлагаются на неорганические составляющие. Их обратный поток обеспечивается диффузией за счет разности концентраций в глубинных и поверхностных водах: кислород диффундирует в зону окисления, а углерод, азот, фосфор — в зону синтеза. Время перемешивания газов между атмосферой и слоем океана, где существует градиент концентрации биогенов, — десятки лет.

Концентрация CO_2 в глубине в несколько раз выше поверхностной, которая находится в равновесии с концентрацией в атмосфере. Если прекратится жизнь в океане, концентрации в глубине и у поверхности сравняются, при этом количество CO_2 в поверхностном слое и в атмосфере увеличится в несколько раз. Это может привести к катастрофическим изменениям климата за десятки лет. Следовательно, биота океана удерживает атмосферную концентрацию CO_2 и

³ Напомним принцип Ле Шателье — Брауна для биологов: внешнее воздействие, выводящее систему из термодинамического равновесия, вызывает в ней процессы, стремящиеся ослабить результаты этого воздействия. — Прим. ред.

⁴ Lotka A. J. Elements of Physical Biology. Baltimore, 1925. P. 42—62, 282—293.

сохраняет приземную температуру на приемлемом для жизни уровне⁵.

Если физические потоки переноса биогенов в сотни раз превосходят биологическую продуктивность, то за счет деятельности живых организмов концентрации биогенов в окружающей биоту среде (например, в лесу) могут лишь на доли процентов отличаться от их концентраций во внешней (например, в атмосфере). Но если при этом у биоты возникают ощутимые преимущества, такие отличия будут поддерживаться ею в нужном направлении. Появившаяся разность концентраций вызовет физические потоки биогенов из внешней среды в окружающую или обратно, которые будут существовать до тех пор, пока концентрации не выравняются, т. е. не достигнут оптимального для биоты значения. Следовательно, в этом случае биота будет регулировать глобальные концентрации биогенов во внешней среде, которая, таким образом, должна быть включена в понятие биосферы.

Например, избыток CO_2 во внешней среде может быть переведен биотой в относительно малоактивные органические формы, а его недостаток, наоборот, пополнен за счет разложения этих органических запасов, содержащихся в гумусе почвы, торфе и в растворенном виде в океане. Благодаря запасам, видимо, поддерживается постоянная концентрация не только CO_2 , но и O_2 в атмосфере и океане. Запасы органики в биосфере и их изменение до сих пор не удается непосредственно измерить с достаточной достоверностью, они известны лишь по порядкам величин. Поэтому о них можно судить только по косвенным измерениям, на которых остановимся ниже.

ПРИНЦИП ЛЕ ШАТЕЛЬЕ В БИОСФЕРЕ

Запасы доступного для потребления биотой органического и неорганического углерода в биосфере совпадают по порядку величины, а отношения их величин к продуктивности глобальной биоты составляют времена биологического оборота биогенного запаса биосферы, которое имеет порядок десятков лет (рис. 1). Следовательно, если органические вещества только синтезируются и не разлагаются, весь неорганический углерод будет израсходован за десятки лет. За такое же время исчезнет органический

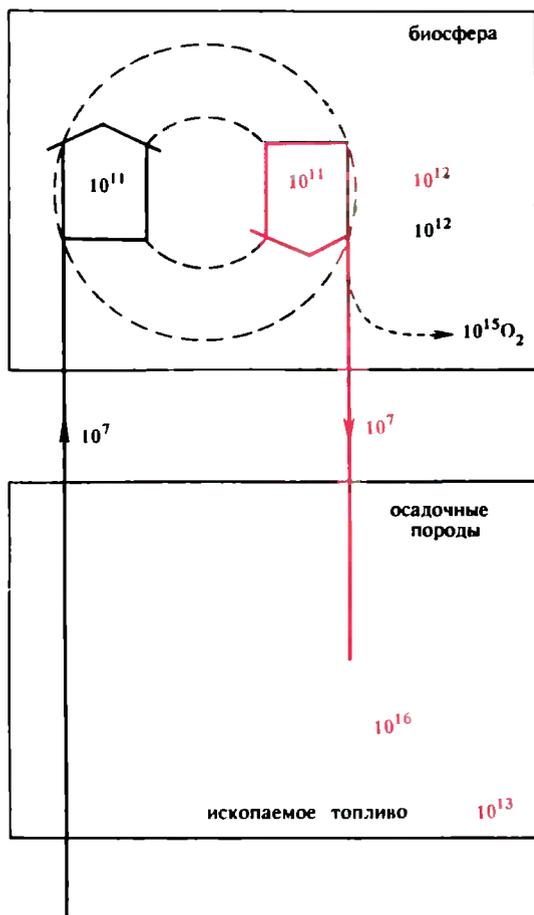


Рис. 1. Потоки и запасы углерода в биосфере (в 10^9 т). Постоянство запасов органического (в виде е - лено цветом) и неорганического углерода обеспечивается как совпадением синтеза и разложения (сплошные стрелки) с относительной точностью порядка 10^{-4} , так и равенством (с той же точностью) потоков: неорганического углерода из земных недр и органического — из окружающей среды в осадочные породы.

углерод, если он не будет синтезироваться, а только разлагаться.

Судя по измерениям концентрации углерода в пузырьках воздуха различного возраста ледовых кернов Антарктиды и Гренландии, его концентрация в атмосфере была постоянной (в пределах погрешности измерений) в последние несколько тысяч лет. Сотни тысяч лет (в 10^4 раз больше времени оборота) концентрация углерода в атмосфере сохранялась по порядку величины. Следовательно, глобальные среднегодовые потоки биологического синтеза и разложения

⁵ Горшков В. Г. Энергетика биосферы и устойчивость состояния окружающей среды // Теоретические и общие вопросы географии. М., 1990. Т. 7. С. 10—110.

органических веществ совпадали с точностью до четырех значащих цифр, т. е. компенсировали друг друга с относительной точностью порядка 10^{-4} .

Неорганический углерод выбрасывается в атмосферу за счет дегазации (вулканической деятельности, фильтрации из мантии) и откладывается в осадочных породах, выбывая из биосферы. Разность между выбросами и отложениями составляет чистый поток неорганического углерода в биосферу, который оказывается положительным и имеет одинаковый с ними порядок. Таким образом, выбросы и отложения неорганического углерода не компенсируют друг друга. Время геофизического оборота, вычисляемое как отношение современного запаса неорганического углерода в биосфере к его чистому геофизическому потоку, порядка 100 тыс. лет. За время порядка 1 млрд лет этот запас должен был бы возрасти в 10 тыс. раз, но этого нет, а значит, существует компенсирующий процесс — накопление органического углерода в осадочных породах. Прямое исследование показало, что его запасы, накопившиеся примерно за 0,6 млрд лет и распределенные в осадочном слое толщиной более 1 км, действительно превосходят запасы доступного для использования биотой углерода в биосфере на четыре порядка⁶.

Из этого следует вывод, что чистый геофизический поток неорганического углерода в биосферу и поток захоронения органического углерода в осадочных породах (определяемый разностью продукции и деструкции) в среднем совпадают с относительной точностью 10^{-4} .

Итак, первые четыре знака в величинах продукции и деструкции совпадают. Следующие четыре знака в их разности совпадают с четырьмя знаками величины чистого геофизического потока. Следовательно, биота контролирует до восьми значащих цифр в величинах продукции и деструкции, т. е. разрешающая способность естественной биоты исключительно высока, ибо случайные совпадения величин с такой точностью невероятны.

Количество O_2 в атмосфере на три порядка превосходит необходимое для разложения всего органического углерода биосферы. Это связано с тем, что при его захоронении высвобождающийся O_2 не оставался в осадочных породах, а поступал в свободном виде в атмосферу. (O_2 должно было выделиться в 10 раз больше, чем присутствует сейчас в атмосфере. Видимо, значи-

тельная часть его израсходовалась на окисление вулканических выбросов.) Продолжающийся процесс захоронения органического углерода, поток которого составляет 10^{-4} от биологической продукции в биосфере, обеспечивает постоянство концентраций O_2 и CO_2 в ней.

Захороненный органический углерод выбыл из биологического круговорота и, следовательно, не должен включаться в понятие биосферы. Эти запасы (10^{16} т) остаются неприкосновенными для всей естественной биоты, только человек начал использовать ископаемое топливо (общие запасы не превышают 10^{13} т).

Таким образом, естественная биота Земли способна с высочайшей точностью поддерживать пригодное для жизни состояние окружающей среды. Зачем же биоте такая огромная величина биологической продукции? Ведь чтобы компенсировать геофизические процессы, продукция биоты могла бы быть в 10^4 раз меньше. Однако такие процессы не постоянны, они претерпевают большие флуктуации (катастрофические извержения вулканов, падения крупных метеоритов и т. д.). Если бы биота медленно восстанавливала нормальное состояние окружающей среды, многие виды, находясь в неестественных условиях, быстро вымерли бы, а компенсаторная способность биоты разрушилась. Благодаря огромной мощности продукции биота способна быстро, меньше чем за десятки лет, восстанавливать естественные отклонения в окружающей среде, что безопасно для любых видов живых организмов.

НАРУШЕНИЕ ПРИНЦИПА ЛЕ ШАТЕЛЬЕ В СОВРЕМЕННОЙ БИОСФЕРЕ

С другой стороны, именно огромная мощность биоты таит в себе скрытую опасность быстрого разрушения окружающей среды. Если целостность биоты будет нарушена и потоки синтеза и разложения не совпадут по порядку величины, основные характеристики окружающей среды полностью искажутся (на 100 %) за десятки лет. Если же вся биота будет уничтожена, окружающая среда исказится на столько же за счет геофизических процессов лишь за сотни тысяч лет. Поэтому нарушение структуры естественной биоты преобразованием природы представляет для окружающей среды в 10 тыс. раз большую опасность, чем уничтожение биоты.

Хорошо известно, что атмосферная

⁶ Там же.

концентрация CO_2 быстро увеличивается⁷ (рис. 2). Это усиливает парниковый эффект и может привести к росту приземной температуры. Рост содержания CO_2 в атмосфере долгое время связывали только со сжиганием ископаемого топлива. Одновременно считалось, что биота суши и океана реагирует на это по принципу Ле Шателье, поглощая избыток CO_2 из атмосферы.

Однако из глобального анализа землепользования вывод иной: в континентальной части биосферы содержание органического углерода не увеличивается, а уменьшается, причем его выбросы в атмосферу из континентальной биоты и почвы совпадают по порядку величины с выбросами от сжигаемого ископаемого топлива⁸. Следовательно, в континентальной биоте принцип Ле Шателье нарушается. Из-за низкой достоверности прямых оценок снижения содержания органического углерода на суше предпринимались многочисленные попытки расчетов другими способами.

Авторы этой статьи использовали данные об изменении относительного содержания изотопов ^{13}C и ^{14}C (их концентрации устанавливаются не биотой, а физико-химическими процессами) в модельно независимых расчетах, основанных на теории возмущений и законе сохранения вещества⁹. Выяснилось, что биота океана продолжает подчиняться принципу Ле Шателье: в океане углерода поглощается сейчас более $4 \cdot 10^9$ т/год, из них более половины — самой биотой. Содержание углерода меняется в атмосфере (накапливается $3,5 \cdot 10^9$ т/год), ископаемом топливе (выбрасывается более $5 \cdot 10^9$ т/год), океане (поглощается $4 \cdot 10^9$ т/год) и наземной части биосферы. Из закона сохранения вещества получаем, что континентальная часть биосферы теряет углерод со скоростью $2,5 \cdot 10^9$ т/год (рис. 3).

Согласно принципу Ле Шателье, скорость поглощения углерода биотой (при малых относительных возмущениях окружающей среды) пропорциональна приросту

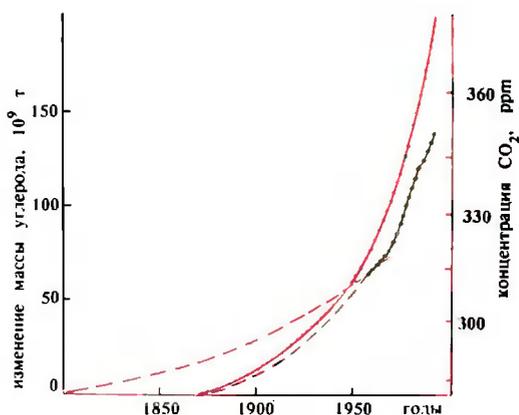


Рис. 2. Изменение массы углерода и выбросы углекислого газа за счет сжигания ископаемого топлива [цветная линия] — [по: Komhyr W. D. et al., 1985; Trivett N. B. A. et al., 1989]. Пунктир — результаты расчетов авторов [Горшкова В. Г. и др., 1989], из которых следует, что при росте концентрации CO_2 в атмосфере принцип Ле Шателье выполнялся до начала индустриальной эпохи; цветной пунктир — данные анализа ледовых кернов [по: Stauffer B., Staffelbuch T., Oeschger H. // Extended abstracts... P. 2—8]. По этим данным, нарушение принципа Ле Шателье началось в конце XVIII в.

его концентрации в окружающей среде по отношению к невозмущенному состоянию. Если принцип выполняется, коэффициент пропорциональности положителен. Таковым он и был до начала столетия, судя по скорости выбросов ископаемого углерода и его накопления в атмосфере (рис. 4). Биота суши подчинялась принципу Ле Шателье, т. е. была слабо возмущена и эффективно компенсировала все воздействия человека на биосферу, так что проблемы загрязнения окружающей среды не возникало.

С начала нашего столетия вследствие возмущения биоты суши человеком она перестала поглощать углерод из атмосферы, наоборот, начала выбрасывать его, увеличивая, а не уменьшая загрязнение окружающей среды промышленными предприятиями. Это означает, что структура естественной биоты суши оказалась нарушенной в глобальных масштабах. Учитывая, что вся хозяйственная деятельность человека направлена на преобразование биосферы, можно оценить порог антропогенного воздействия, с которого принцип Ле Шателье в биоте перестает действовать, т. е. биота и окружающая среда теряют устойчивость. В доиндустриальную эпоху площади эксплуатируемых земель составляли менее 5 % территории суши, на которых человек использовал не более 20 % продукции биоты. В результате общая антро-

⁷ Komhyr W. D., Gammon R. H., Harris T. B. et al. // J. Geophys. Res. 1985. Vol. C90. P. 5567—5596; Trivett N. B. A., Higuchi K., Symington S. // Extended abstracts of papers presented at the third international conference on analysis and evaluation of atmospheric CO_2 data presented and past. World Meteorological Organization. Heidelberg, 1989. P. 299—304.

⁸ Houghton R. A. The changing carbon cycle: A global analysis. N. Y., 1986. P. 175—193; Ibid. The long-term flux of carbon to the atmosphere from change in land use // Extended abstracts... P. 80—85.

⁹ Горшков В. Г., Кондратьев К. Я., Шерман С. Г. // Изв. ВГО. 1989. Т. 121. № 4, 5.

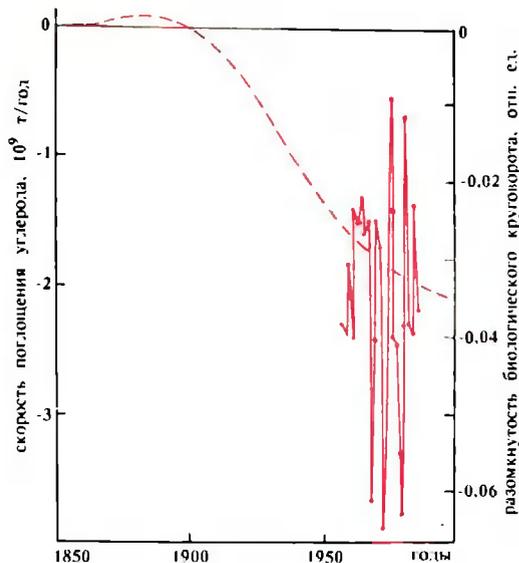


Рис. 3. Скорости поглощения углерода континентальной биотой и разрушения биоты. Поглощение определяется разностью потоков синтеза и разложения органического вещества наземной биотой; скорость разрушения биоты, или разомкнутость биологического круговорота углерода, характеризуется отношением χ этой разности к потоку синтеза. Доиндустриальное среднее значение $\chi = 2 \cdot 10^{-4}$. Цветной линией обозначены эмпирические данные, цветным пунктиром — результат расчетов в соответствии с ростом содержания CO_2 в атмосфере. В ответ на незначительный прирост атмосферной концентрации CO_2 в прошлом столетии масса континентальной биоты возрастала в соответствии с принципом Ле Шателье. В нашем веке эта концентрация продолжает увеличиваться, но масса биоты не растет — принцип Ле Шателье нарушен.

погенная доля потребления продукции биосферы не превышала 1 %, сейчас она почти на порядок больше. В дальнейшем мы детально обоснуем эту оценку с разных точек зрения.

Здесь подчеркнем лишь, что, с одной стороны, порог допустимого воздействия на биосферу заведомо меньше современного, имеющего порядок 10 % потребления продукции биосферы, с другой — биосфера, видимо, компенсирует любые возмущения при доле потребления не выше 1 %. При этом неважно, занимает ли человечество 1 % территории суши, на которой полностью искажает естественную биоту, или же освоило 10 % территории, на которой искажение естественной биоты не превосходит 10 %. Биосфера тысячелетия поддерживала существование человечества, освоившего Европу и значительную часть Азии и не знавшего, что такое охрана окружающей среды.

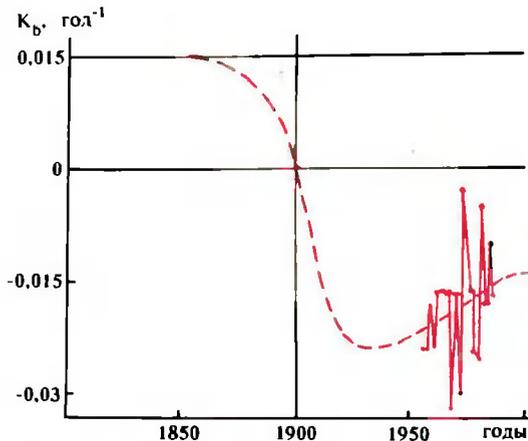


Рис. 4. Нарушение принципа Ле Шателье в континентальной биоте. Принцип соответствует условию: $M_b = k_b \Delta M_a$ ($k_b > 0$), где M_b — скорость поглощения углерода биотой суши, M_a — изменение массы атмосферного углерода. Коэффициент k_b найден из уравнения сохранения вещества в атмосфере, океане, ископаемом топливе и континентальной части биосферы. Цветной линией обозначены эмпирические данные, цветным пунктиром — результат расчетов в соответствии с ростом атмосферной концентрации CO_2 [рис. 2]. Принято, что невозмущенный коэффициент k_b пропорционален продукции наземной биоты. Нарушение принципа Ле Шателье (пересечение нулевой линии) началось в нашем столетии.

Теперь уточним понятия биоты и биосферы. Под биотой следует понимать такие естественные сообщества живых организмов, которые способны подчиняться принципу Ле Шателье и компенсировать все возникающие возмущения окружающей среды. (Домашние животные и культурные растения не должны включаться в понятие естественной биоты.) Под биосферой следует понимать такое состояние биоты, окружающей ее и взаимодействующей с ней внешней среды, в которой антропогенное возмущение находится ниже порога нарушения принципа Ле Шателье.

Нет сомнения, что при продолжающихся тенденциях освоения природы естественная биота вскоре будет полностью уничтожена. А можно ли восстановить биосферу, медленно и существенно сократив антропогенное возмущение? Пока еще можно, как свидетельствует анализ ее структуры.

БИОСФЕРА КАК «СВОБОДНЫЙ РЫНОК»

Как же функционирует естественная биота и как достигается высокая точность контроля за изменением синтеза и разложе-

ния органических веществ в биосфере? Функционирование жизни на любых уровнях определяется конкурентным взаимодействием автономных, нескоррелированных между собой особей. Это тот же принцип, который лежит в основе свободного рынка. Известно, что точность, с которой фиксируются цены на свободном рынке, очень высока, никакие расчеты не могут ее достичь и заменить собой рынок. Отказ от свободного рынка приводит к потере точности и росту непроизводительных расходов. Рынок не придуман человеком, он существует потому, что в его основе лежат действия живых людей — членов человеческой популяции. Современные рынки — лишь приспособление основных принципов жизни к существующей культуре и цивилизации человечества. Но свободный рынок всегда существовал в биосфере.

Живые особи скоррелированы на молекулярном, клеточном, организменном и социальном уровнях. В силу чрезвычайной сложности корреляционных связей любая конкретная корреляция в биоте всегда неустойчива и распадается со временем. Для организма этот распад соответствует смерти. В последовательном ряду потомков одной особи происходит неизбежное, экспериментально подтвержденное накопление изменений наследственной программы. Относительное число распадных¹⁰ особей в потомстве нормальной особи служит количественной характеристикой вида. Например, из каждых 700 детей один страдает тяжелым генетическим нарушением — синдромом Дауна. Большинство распадных особей размножается не менее интенсивно, чем нормальные.

Сохранение существующей организации живых особей возможно только в рамках популяции, для этого распадные особи должны исключаться либо из размножения, либо из популяции. Только нормальные особи с их максимальной конкурентоспособностью (эффективностью использования естественных для вида условий окружающей среды) могут обеспечить это, так как программа удаления распадных особей также подвержена распаду.

При внешних условиях, отличных от естественных, ослабляются критерии отличия нормальных особей от распадных, выравниваются конкурентоспособности тех и других.

В эти периоды относительное число последних (т. е. генетическое разнообразие популяции) экспоненциально растет, а доля нормальных особей уменьшается. Однако с возвратом к условиям естественной экологической ниши конкурентоспособность нормальных особей восстанавливается, и они вытесняют распадных из популяции. Именно поэтому так важна быстрая компенсация внешних возмущений, которая обеспечивается биотой. Отметим, что в стационарном состоянии распадные особи всегда присутствуют, но частота их встречаемости мала.

Сложная скоррелированность особей в различных социальных структурах поддерживается конкурентным взаимодействием этих структур, скоррелированность сообществ разных видов — конкурентной различия (но одинаковых по видовому составу) «сообществ». Так, например, взаимодействуют муравейники в «популяции» муравейников. В простейшем сообществе (типа лишайника), состоящем из взаимозависимых видов — водоросли и гриба, скоррелированность поддерживается конкурентным взаимодействием различных лишайников в «популяции» соответствующего вида лишайника. Вообще, скоррелированную совокупность организмов типа муравейника, лишайника или любого сообщества различных видов можно рассматривать как обобщенное понятие особи.

Очевидно, что существующий тип внутренней скоррелированности членов популяции на основе их конкурентного взаимодействия и отбора устойчив только, если все ее особи совершенно независимы. В противном случае вытеснение распадной особи из популяции нарушило бы структуру последней. Отсюда следует, что внутренняя скоррелированность организмов в популяции принципиально не может обеспечиваться централизованным управлением всей популяцией.

СООБЩЕСТВА БИОСФЕРЫ

Наиболее сложна скоррелированность организмов различных видов в сообществах, а именно она обеспечивает выполнение принципа Ле Шателье в биоте при внешних возмущениях окружающей среды. Возникновение сообществ связано только с необходимостью замкнутых круговоротов веществ, если этого нет (искусственно подаются питательные вещества и удаляются отходы, как на животноводческих фермах и сельскохозяйственных полях), сообщества распадаются. Например, городские воробьи тыся-

¹⁰ Определение «распадный» (-ая, -ые) не существует в русском языке. Под распадными изменениями наследственной программы имеются в виду такие изменения, которые ведут к деградации генотипа; распадные особи — особи, чей генотип несет такие изменения. — Прим. ред.

челютия находятся вне их естественного сообщества.

Сложность отдельных организмов и видовое разнообразие сообщества служат единственной цели — поддерживать его конкурентоспособность. Подобно любому организму сообщество имеет конечные размеры и распадается со временем, теряя способность поддерживать стабильные условия окружающей среды с высокой точностью. Это приводит к утрате конкурентоспособности и его вытеснению непрерывно образующимися новыми сообществами. Все известные способы стабилизации уровня организации особей основаны на конкурентном взаимодействии в рамках их популяций. Поэтому можно предположить, что стабильный уровень организации любых сообществ достигается тем же способом, т. е. всегда существует «популяция» (обобщенная) однородных сообществ, которая и сохраняет устойчивость. Понятием обобщенной популяции мы будем оперировать в дальнейшем.

Численность сообществ в таких популяциях определяется размером отдельного сообщества. Сам размер, или радиус скоррелированности, ограничивается областью, в которой потоки синтеза и разложения органических веществ сравниваются с максимальной точностью в нормальных условиях, и, что очень важно, достигает максимума способность регулировать отклонения от этого равновесия при возмущениях окружающей среды. Чем меньше размер сообщества, тем жестче связаны входящие в него организмы различных видов, с увеличением размера корреляционные межвидовые связи неизбежно затухают, и оно постепенно теряет внутреннюю скоррелированность. Размер отдельного сообщества можно оценить по характерной длине, на которой прекращается увеличение (т. е. происходит насыщение) видового разнообразия организмов, поглощающих главную часть потоков внешней энергии. Для большинства сообществ эта длина не превышает десятков метров. Если распавшиеся сообщества быстро вытесняются, возникает кажущаяся однородность всей популяции на большой поверхности, обычно называемой экосистемой.

Именно жесткая скоррелированность видов в сообществе обеспечивает широкий размах его реакций на любые флуктуации внешних условий, при ее нарушении размах сужается так же, как сужается область реакций изолированных органов отдельного организма. Уничтожив популяцию сообществ, ее нельзя возродить как и любой уничтоженный биологический вид. Пример — уничтоженные степи и тропические леса. Но если

только часть сообществ популяции нарушена, даже существенно, численность нормальных сообществ, обеспечивающих замкнутость круговорота веществ и устойчивости окружающей среды, может восстановиться.

Степень замкнутости круговорота веществ можно характеризовать величиной разомкнутости — отношением разности потоков синтеза и разложения к потоку синтеза. Как отмечалось выше, в естественных условиях эта величина, усредненная по сезонным колебаниям, имеет порядок 10^{-4} . Чтобы потоки синтеза и разложения совпадали с такой точностью, их случайные относительные флуктуации не должны превосходить величину разомкнутости. Малость флуктуаций в сообществах, состоящих из конкурентно взаимодействующих особей, может обеспечиваться только статистическим законом больших чисел, по которому относительная флуктуация пропорциональна $1/\sqrt{N}$, где N — число нескоррелированных между собой частей системы. Следовательно, отдельно и синтез, и разложение в сообществе должны производиться большим числом независимых частей.

Основную продукцию органических веществ во многих экосистемах дают крупные растения. Они же обеспечивают малость флуктуаций продуктивности благодаря чрезвычайно низкой внутренней скоррелированности, обусловленной хаотическим распределением листьев, ветвей и корней неподвижных растений. Аналогично поддерживается и малость колебаний деструктивности при разложении органических веществ бактериями и грибами. Однако в экосистемах, содержащих только крупных животных, флуктуации разложения органических веществ были бы очень велики из-за их жесткой скоррелированности, необходимой для передвижения. Единственный способ уменьшить флуктуации в таких экосистемах — снизить потребление фитопродукции животными (рис. 5). Кормовые территории крупных животных включают множество отдельных сообществ, низкое потребление ими биологической продукции растений поддерживается так же, как и биологическая регуляция концентрации биогенов во внешней среде. Распадные изменения в поведении крупного животного, ведущие к увеличению доли потребления сверх допустимого уровня, вызывают искажения окружающей среды, потерю конкурентоспособности сообществами на территории крупного животного и их вытеснение нормальными сообществами. Если последние не сохраняются, окружающая среда разрушается.

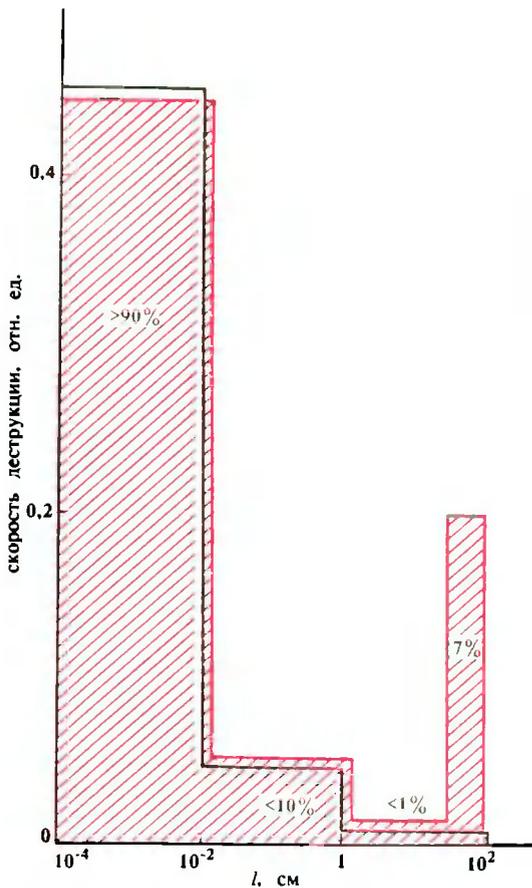


Рис. 5. Распределение скорости деструкции органических веществ на суше по размерам разлагающих их организмов (бактерий, грибов, животных). $\beta = P_B^-(l)/P_B^+$, где $P_B^-(l)$ — плотность деструкции организмами с размером тела l , P_B^+ — продукция растений. Площадь, ограниченная сплошной линией, — универсальное распределение, наблюдаемое в исследованных экосистемах (площадь равна 1, относительный вклад частей гистограммы приведен в процентах); цветом показана площадь, соответствующая современному глобальному распределению с учетом антропогенного возмущения. На долю разложения пищи людьми, скотом и потребления древесины приходится примерно 7%, столько же составляет характеризующая разомкнутость круговорота углерода разность между деструкцией органического вещества в возмущенной и невозмущенной биоте суши.

В подвергающихся непрерывному возмущению культурных агроценозах разомкнутость, как видно из непосредственных оценок, всегда выше 10%. В то же время после прекращения возмущения (сплошной рубки лесов, пожаров и стихийных бедствий), как следует из измерений продуктивности, прироста биомассы и изменения concentra-

ции неорганических веществ в почве, разомкнутость быстро (за десятки лет) снижается до нескольких процентов. Однако фоновый уровень разомкнутости (сотые доли процента) достигается за сотни лет после многократных смен растительного покрова и восстановления естественной возрастной структуры растительности. Последнее можно установить, только сравнив возмущенные и девственные участки биосферы. Если значительная часть популяции сообществ разрушается чаще одного раза за сотни лет, фоновый уровень уже не достигается и начинается разрушение окружающей среды. Это следует из анализа глобального круговорота углерода.

ЭВОЛЮЦИЯ

Описанный способ стабилизации биоты и окружающей среды обеспечивает также эволюцию видов и сообществ. Закрепиться в биосфере могут лишь виды, которые не уменьшают конкурентоспособность сообщества, или степень замкнутости круговоротов веществ. Видовой состав биосферы заметно меняется, т. е. биота и окружающая среда переходят из одного устойчивого состояния в другое, за миллионы лет. За сотни и тысячи лет возможна лишь релаксация биосферы к существующему в данный геологический период устойчивому состоянию после естественных внешних возмущений, не нарушающих ее устойчивости. Если возмущения превосходят пределы устойчивости, возможен полный распад биосферы и жизни. Длительность существования жизни свидетельствует, что подобных катастрофических возмущений биосферы не было за всю ее историю.

Направление эволюции определяется ростом конкурентоспособности и вытеснением предшествующих (менее конкурентоспособных) форм жизни. Однако этот рост не всегда связан с повышением организации (скоррелированности) живых объектов: может разрушаться достигнутая организация, усиливаться агрессивная конкурентоспособность при утрате жизнеспособности — более агрессивные и менее организованные особи вытесняют своих антиподов. Такой процесс мог бы привести к полной дезорганизации и в конечном итоге к исчезновению жизни.

С увеличением размеров живых организмов, социальных структур и сообществ растет и их конкурентоспособность. С ростом размера уменьшается число особей в популяции, в конечном счете все ее части оказываются полностью скоррелированными, конкурентное взаимодействие и отбор прекра-

щаются. При сокращении числа независимых членов сообщества неограниченно растут флуктуации синтеза и разложения органических веществ, и их компенсация становится невозможной.

Длительность земной жизни и палеоданные указывают, что в природе существовали причины (во всяком случае до антропогенного возмущения биосферы), которые останавливали подобную разрушительную эволюцию. Причины эти — отсутствие избытка биогенов в биосфере. (Избытке можно характеризовать ситуацией, в которой запас биогенов намного превышает их расход за характерное время эволюции, или, другими словами, в которой характерное время эволюции намного меньше времени биологического оборота биогенов.)

Характерное время эволюции биосферы определяется временем смены видового состава биоты или (если предположить, что число видов в биосфере постоянно) средней продолжительностью существования вида, т. е. порядка 10^6 лет. Время биологического оборота биогенов (отношение их запаса в биосфере к продукции биоты) порядка 10 лет, что в 100 тыс. раз меньше времени эволюции. Следовательно, эволюция биоты происходит при резкой ограниченности ресурсов биосферы, т. е. в условиях, крайне далеких от избытка. Любое изменение, нарушающее скоррелированность синтеза и разложения органических веществ в сообществе, оказывается невозможным, ибо значительно быстрее полностью искажается локальная окружающая среда, что ведет к немедленной потере конкурентоспособности и вытеснению подобного сообщества.

ПРОГРЕСС

Перейдем к научно-техническому прогрессу, рассмотрим роль конкурентоспособности в экономической стратегии общества, основанной на использовании ресурсов биосферы. Экономический прогресс достигает максимальной скорости и эффективности использования природных ресурсов в условиях свободного рынка при наибольшем числе конкурентно взаимодействующих технологических единиц (технологических «обществ»), решающих определенную задачу. В условиях свободного рынка смена технологии происходит примерно за 10 лет, а время истощения ресурсов биосферы (время их антропогенного оборота) — около 100 лет. В этой ситуации человечество попадает в состояние кажущегося избытка

природных ресурсов: их истощение не успевает сказаться на технологии. Ресурсоистощающие технологии оказываются наиболее конкурентоспособными и быстро вытесняют ресурсосберегающие, в том числе естественные сообщества биосферы. В условиях кажущегося избытка природных ресурсов рыночная экономика неизбежно ведет к максимальной скорости их истощения.

Если человечество откажется от рыночной экономики и перейдет к централизованному управлению в глобальных масштабах, регулирование прогресса и сокращение скорости истощения природной среды станет возможным. Однако при взаимодействии с внешним окружением, развивающимся на базе рыночной экономики, централизованно управляемая система теряет конкурентоспособность и вытесняется. Стремясь избежать этого, такая система в силу малой эффективности использования природных ресурсов может в локальных участках превзойти максимальную скорость истощения природной среды, развиваемую рыночной экономикой. Централизованно управляемая система может длительно существовать только при полной изоляции и прекращении конкурентного взаимодействия с внешним миром, что эквивалентно отсутствию (или ликвидации) последнего.

При царстве рыночной экономики глобальное истощение окружающей среды неизбежно, но на локальных участках ее состояние может оказаться стационарным и даже улучшиться за счет разомкнутости круговорота веществ — внесения потребляемых веществ и удаления отходов. Этот принцип используется природой для поддержания жизни отдельного организма и человеком для поддержания стационарного состояния приусадебных участков, парков и любых культурных комплексов. Однако за счет локального улучшения ухудшается состояние окружающей среды в остальной части биосферы. Выходит, цветущий сад, озеро или река, поддерживаемые в стационарном состоянии на базе разомкнутого круговорота веществ, гораздо опаснее для биосферы в целом, чем заброшенная и превращенная в пустыню земля.

Чтобы ресурсоистощающие технологии в условиях свободного рынка не могли конкурировать с ресурсосберегающими, время оборота используемых ресурсов должно быть много меньше времени смены технологии; если время смены современных технологий порядка 10 лет, время оборота всех используемых в технологиях ресурсов должно быть не более года.

Между тем время истощения большинства невозобновимых ресурсов энергии и материалов имеет порядок 100 лет. Сокращение времени технологического оборота ресурсов требует либо увеличить скорость их потребления в сотни раз, либо во столько же сократить количество используемых ресурсов. Иными словами, необходимо или быстро израсходовать невозобновимые ресурсы, или отказаться от их использования. Только при таких условиях экономика автоматически станет «экологичной». В противном случае экономический прогресс с его стихийным ростом конкурентоспособности приведет к полному истощению всех ресурсов и разрушению приемлемого для жизни состояния окружающей среды.

Отметим, что естественная биота не использует невозобновимых ресурсов (это следует из постоянства запасов органического и неорганического углерода в биосфере). Только в процессе НТП нарушается замкнутость круговорота веществ и тем самым разрушается окружающая среда. В консервативном состоянии, в отсутствие эволюции и прогресса (или бесконечных временах, характеризующих эти процессы) существовавшая ранее замкнутость круговоротов веществ не может быть нарушена, даже при случайном переходе к использованию невозобновимых ресурсов, они автоматически возобновляются.

Переход к ресурсосберегающим технологиям за счет увеличения скорости потребления ресурсов в сотни раз (на что фактически настроена современная цивилизация) нереален. Достигнуть высокой скорости необходимо за малое время, чтобы прогресс не успел заметно исказить биоту, окружающую среду и биосферу. В действительности такой рост потребления неизбежно растянется во времени. За это время технический прогресс, неизбежно истощающий ресурсы, разрушит биосферу, приведя ее в непригодное для жизни состояние.

СОХРАНЕНИЕ БИОСФЕРЫ

Реальнее другая возможность — отказаться от использования невозобновимых ресурсов. Поскольку 90 % современного энергопотребления цивилизации основано на невозобновимых ресурсах, при отказе от них оно сократится примерно в 10 раз. Во столько же раз уменьшится численность населения и антропогенное возмущение континентальной биоты, что снова позволит ей восстановить действие принципа Ле Шателье. Подчеркнем, что при поддержании энергопотребления на современном уровне

даже с помощью так называемых экологически чистых источников энергии разрушающее возмущение биосферы продлится (рис. 6).

Сокращение народонаселения должно быть растянуто настолько, чтобы технический прогресс при сохранении свободной конкуренции успел перестроиться на ресурсосберегающие технологии. Это вполне может произойти за времена от нескольких десятков до сотни лет, в течение которых в силу постепенного сокращения антропогенного возмущения биосфера не успеет необратимо разрушиться. За это время всеобщий переход к однодетным семьям привел бы к сокращению численности населения примерно в 10 раз¹¹.

Подчеркнем, что, перейдя от роста (на 2 % в год) населения к такому же снижению, человечество не встанет ни перед какими экономическими проблемами. При растущей численности демографическую нагрузку на общество (ее величина определяется числом детей до 15 лет и пожилых людей после 60 лет на одного человека в возрасте от 15 до 60 лет) дают дети, при сокращающейся — пожилые люди. Первая нагрузка значительно обременительнее второй, поскольку в развитом обществе дети проходят через дорогостоящее обучение, тогда как пожилые люди долго сохраняют здоровье и работоспособность и практически всегда могут обеспечить свое существование. Кроме того, сократится и экономическая нагрузка на общество (отношение числа неработающих к работающим) в несколько раз и может даже оказаться меньше, чем для стационарного населения.

Традиционная боязнь снижения численности народонаселения и политическое стимулирование высокого престижа многодетных семей связаны с неизбежной в прошлом потерей конкурентоспособности наций, сокращающей численность населения, в сравнении с нацией, увеличивающей его. Эта опасность исчезает при переходе ко всеобщему пропорциональному сокращению численности населения всех наций (кроме малочисленных). Кроме того, при современных средствах обороны, основанных на ядерном оружии, возможно сдерживание практически любой агрессии небольшим числом людских ресурсов. В последнее время престиж многодетных семей быстро снижается во всем мире, и человечество морально подготовлено ко все-

¹¹ Lotka A. J. Op. cit.

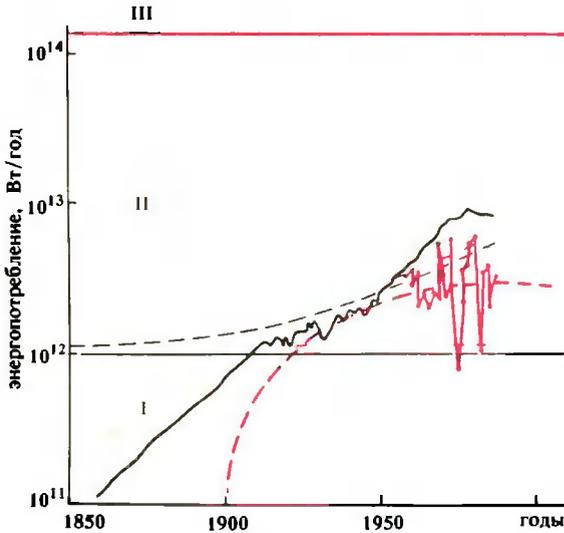


Рис. 6. Антропогенное энергопотребление и разрушение биосферы. Верхняя горизонтальная прямая — климатический предел энергопотребления (его превышение выводит изменение приземной температуры за пределы естественных флуктуаций), совпадающий с мощностью органического синтеза всей биоты; черная линия — изменение массы органического углерода суши (в пересчете на энергию); черной пунктир — зависимость, построенная в соответствии с ростом концентрации CO_2 (рис. 2); красная кривая — энергопотребление человечества (в основном за счет сжигания ископаемого топлива); пунктир — потребление энергии с пищей (людьми и скотом) и за счет использования древесины; нижняя горизонтальная прямая — допустимое энергопотребление позоночными суши с пищей в стационарной биосфере, совпадающее с порогом нарушения принципа Ле Шателье и случайно совпадающее с доступной мощностью возобновляемых (в основном гидро-) энергоресурсов. Области антропогенного энергопотребления: I — стационарная биосфера, в которой выполняется принцип Ле Шателье (это экологически разрешенная область — антропогенное возмущение, основанное на возобновляемых энергоресурсах, не превышает порога нарушения принципа Ле Шателье); II — разрушаемая биосфера (экологически запрещенная область — антропогенное возмущение, связанное с вовлечением в энергопотребление невозобновляемых ресурсов, превосходит упомянутый порог); III — климатически запрещенная область.

общему переходу на однодетные семьи. Таким образом, рассматриваемая возможность реальна с экономической, демографической, экологической и морально-этической точек зрения и представляет собой лишь политическую проблему.

Программа сокращения антропогенного возмущения и восстановления действия принципа Ле Шателье в биосфере может оказаться успешной при условии, что уже сейчас полностью прекратится экспансия хозяйственной деятельности в глобальных

масштабах и освоение все еще не искаженных цивилизацией естественных участков биосферы, которые должны стать реальными источниками ее восстановления. Поэтому следует немедленно провести детальную инвентаризацию сохранившихся частей, используя современные технические средства, в том числе космическое дистанционное зондирование.

Известно, что из наиболее продуктивных сообществ суши — лесов и болот — максимальная продуктивность у тропических сообществ: она в 4 раза выше, чем в умеренных зонах. Поэтому единица площади под лесами и болотами в тропиках в 4 раза эффективнее компенсирует возмущения внешней среды, чем такая же площадь в умеренной зоне. В отсутствие возмущений естественные леса и болота не воздействуют на внешнюю среду, в частности, леса не являются ни источником, ни поглотителем кислорода — весь вырабатываемый растениями кислород утилизируется другими организмами сообщества. Девственный лес начинает воздействовать на внешнюю среду только при ее возмущениях, причем в направлении их компенсации.

За миллиарды лет эволюции природа выработала наиболее эффективные способы восстановления. Поврежденные участки леса зарастают породами, которые образуют временные сообщества, быстро уменьшающие разомкнутость круговорота веществ. (Замкнутость круговорота вещества во вторичном лесу в сотни раз хуже, чем в девственном). Примерно за 10 лет после ликвидации растительного покрова разомкнутость уменьшается со 100 до 10 %, затем сообщества последовательно сменяют друг друга (сукцессия), и разомкнутость продолжает уменьшаться. Лет через 300 этот процесс заканчивается, лес переходит в первоначальное состояние (если окружение поврежденного участка не возмущено, т. е. сохранились популяции естественных сообществ). При вмешательстве же в процессы сукцессии ради экономической выгоды от скорейшего выращивания наиболее ценных пород деревьев процесс сильно затягивается.

Периодические рубки, которые сейчас ведутся в среднем через 50 лет после образования экономически пригодной древесины, обрывают процесс восстановления первичного леса. Для возврата к естественной биосфере необходимо увеличить промежуток между последовательными рубками до 300 лет, т. е. сократить их в 6 раз в глобальном масштабе. Если учесть, что сейчас объем вырубок повсе-

местно превосходит объем даже естественного прироста и лесные площади сокращаются, необходимо сократить вырубки минимум в 10 раз (как и численность населения).

Отметим также, что сжигание всей органики биосферы и запасов ископаемого топлива уменьшит содержание кислорода в атмосфере лишь на величину порядка 1 % (см. рис. 1). Животные при этом пострадали бы не от уменьшения его концентрации, которого они не ощутили бы, а от исчезновения органического вещества в биосфере.

Биосфера для крупных животных представляет собой энергетическую машину, стабилизирующую окружающую среду и снабжающую их необходимой для существования энергией. Но работает она с КПД 1 %, остальные 99 % затрачиваются на стабилизацию окружающей среды и представляют собой «накладные расходы» (см. рис. 5). Как уже показано, действие принципа Ле Шателье в биоте суши нарушилось, как только доля потребления человечеством ее продукции превысила 1 %. Поэтому при хозяйственном освоении естественных участков биосферы следовало бы ввести международный налог вплоть до 99 % дохода предприятия, который использовался бы на компенсацию нанесенного биосфере ущерба и поддержание существования жителей регионов, отказывающихся от экстенсивного хозяйственного освоения невозмущенных территорий. Такая политика могла бы привести к быстрому сокращению глобального хозяйственного освоения биосферы при продолжении научно-технического прогресса в ее малых освоенных частях.

ПЕРЕХОД К НООСФЕРЕ?

Альтернативный путь развития человечества состоит в ликвидации конкуренции между любыми группами людей, включая различные страны, и переходе к глобально скоррелированной цивилизации на основе ее централизованного управления, т. е. построения ноосферы. При этом сохранение всех видов живых организмов вне их природных сообществ представляло бы опасность для окружающей среды в глобальных масштабах, ибо, выйдя из-под контроля и размножаясь в неестественных пропорциях, они разрушили бы среду обита-

ния значительно быстрее современного человека, так как мощность синтеза и разложения веществ всей биоты огромна. (Примеры локальных разрушений окружающей среды при интродукции новых видов многочисленны и хорошо известны.) Поэтому остатки возмущенной неустойчивой континентальной биоты, включая все не поддающиеся управлению дикие виды, нужно было бы уничтожить, сохранив только небольшой набор управляемых человеком культурных видов. Однако огромное число живых и технологических объектов, подлежащих в ноосфере централизованному управлению в глобальных масштабах, в отсутствие действия закона больших чисел привело бы к неизбежному росту флуктуаций процессов синтеза и разложения биологической и технологической продукции. Это в конце концов повлекло бы разрушение окружающей среды и гибель цивилизации.

Если предположить, что возможно построение ноосферы с той же устойчивой замкнутостью круговоротов веществ и тем же КПД, что и в биосфере, то поддержание замкнутости потребовало бы не менее 99 % всех энергетических и трудовых затрат цивилизации. (Уже сейчас стоимость очистных сооружений составляет около половины стоимости предприятий.) Так как предел энергопотребления человечества, совместимый со стабильностью климата, совпадает с мощностью биосферы (см. рис. 6), на удовлетворение нужд цивилизации в условиях ноосферы человечество получило бы меньше мощности, чем оно может иметь в стационарной биосфере без забот о сохранении замкнутости круговоротов веществ.

Таким образом, есть веские основания полагать, что биосфера (состоящая из возникшей в процессе эволюции естественной биоты и взаимодействующей с ней внешней и окружающей среды) представляет собой единственную систему, обеспечивающую устойчивость окружающей среды при любых длительных внешних возмущениях, не превышающих порога — 1 % от продуктивности биоты. Сохранить природные сообщества и существующие виды живых организмов на большей части Земли, чтобы обеспечить выполнение принципа Ле Шателье по отношению к глобальным возмущениям окружающей среды, — главное условие продолжения жизни на планете.

Г. С. Голицын

Парниковый эффект и изменения климата



Георгий Сергеевич Голицын, академик, директор Института физики атмосферы АН СССР. Специалист в области геофизической гидродинамики, планетных атмосфер, теории климата и его изменений. Автор монографий: Введение в динамику планетных атмосфер. Л., 1973; Исследования конвекции с геофизическими приложениями и аналогиями. М., 1980. Член Комитета советских ученых в защиту мира, против ядерной угрозы.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ аномалии 80-х годов, в первую очередь необычно теплые зимы у нас в стране и в Западной Европе, привлекли общее внимание к проблеме изменений климата, их причинам и следствиям. Для большинства последних 10—20 лет среднегодовые глобально осредненные температуры воздуха у поверхности Земли были наивысшими за последние 130 лет. Во многих местах отмечены сильные региональные аномалии в виде засух или, наоборот, необычайно обильных осадков, наводнений и т. д. Среднегодовая температура за последнее столетие выросла примерно на полградуса. Не исключено, что это наибольшая скорость глобальных изменений за прошедший миллион лет. Растет уровень Мирового океана, за 100 лет он увеличился на 10—15 см. Частично это объясняется его тепловым расширением, частично — таянием ледников.

Что же нас ждет в будущем и можно ли как-то повлиять на ход климатических событий? Чтобы ответить на эти вопросы¹, ученые не только тщательно изучают и взвешивают все факторы, формирующие климат в наши дни, но и в поисках общих закономерностей и аналогий обращают свой взор в далекое прошлое, исследуя климатические особенности прошедших эпох.

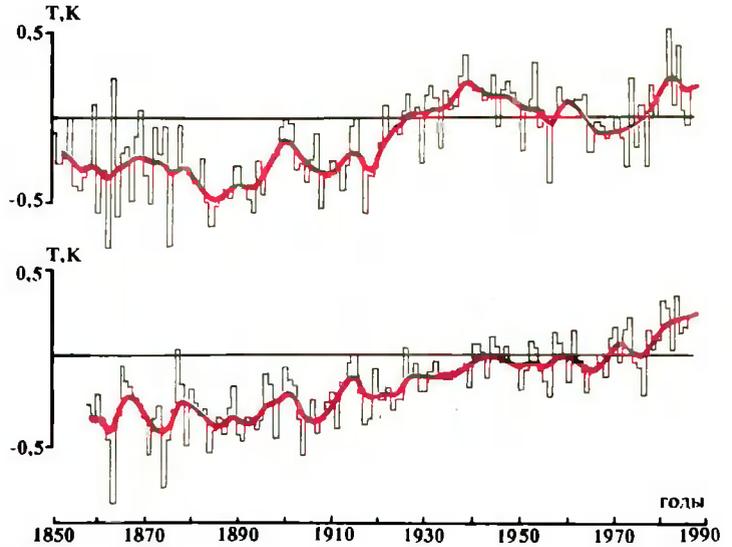
ЧЕМ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ КЛИМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

С прикладной точки зрения наиболее существенны гидрологические характеристики — осадки, содержание влаги в почве, сток рек, уровень внутренних водоемов. При изменении термического режима меняется и влагосодержание атмосферы — более теплая атмосфера может содержать больше водяного пара. С потеплением ускоряется круговорот воды в природе, в частности, усиливаются испарение и осадки. Надо отметить, что осадки значительно изменчивее в пространстве и времени, чем температура,

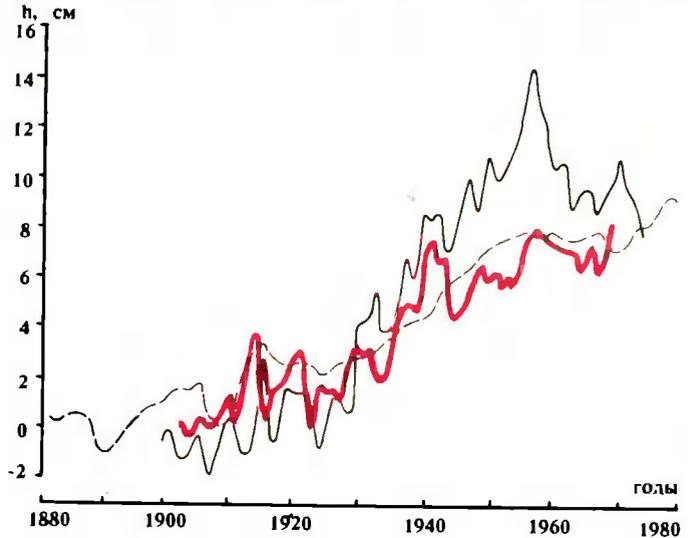
© Голицын Г. С. Парниковый эффект и изменения климата.

¹ См. также: Голицын Г. С. Климат и приоритеты хозяйствования // Коммунист. 1989. № 6. С. 97—105.

Вариации приповерхностной температуры T (относительно режима 1951—1970 гг.) над сушей Северного (вверху) и Южного полушарий с десятилетним сглаживанием (по: Jones P. D. // *J. of Climate*. 1988. Vol. 1. № 6. P. 654—660).



Изменения среднего уровня h Мирового океана за последнее столетие (цветная кривая — по: Barnett T. P. // *Climate change*. 1983. Vol. 5. № 1. P. 15—38; черная кривая — по: Клинге Р. К. // *Колебания уровня морей и океанов за 15 000 лет*. М., 1982. С. 11—22; пунктирная кривая — по: Gornitz V. et al. // *Science*. 1982. Vol. 215. P. 1611—1614).



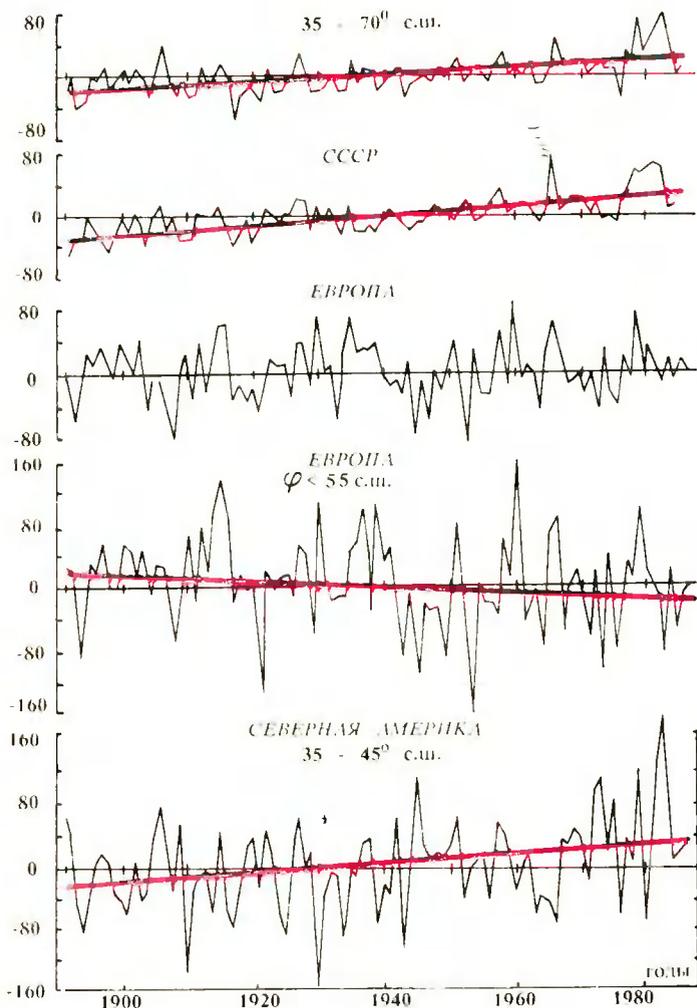
что делает гораздо более трудным восстановление их средних значений по пространству и времени даже над сушей. Тем не менее такие данные недавно появились для континентов Северного полушария.

На севере Европейской части СССР и Западной Сибири количество осадков увеличилось за 100 лет на 9 см, в южных и центральных регионах Европейской части страны — на 3 см, в Средней Азии — на 0,7 см, а в Восточной Сибири — на 7 см. В целом по Евразии количество осадков за период с 1891 по 1986 г. повысилось на 4 см. Обобщая эмпирические данные, можно утверждать, что осадки над континентами

возрастают на 10 % при увеличении температуры на 1 град.

Выявлена также тенденция роста облачности. По советским спутниковым данным за 1966—1985 гг., этот процесс при общем потеплении характерен как для Северного, так и для Южного полушария. В то же время над рядом регионов Северной Америки, Австралии и северо-восточной Азии наблюдалось и уменьшение облачности.

Для сельского хозяйства решающую роль играет содержание влаги в почве, и не в среднем за год, а за сезон вегетации. Эта характеристика необычайно изменчива и определяется, помимо осадков, многими



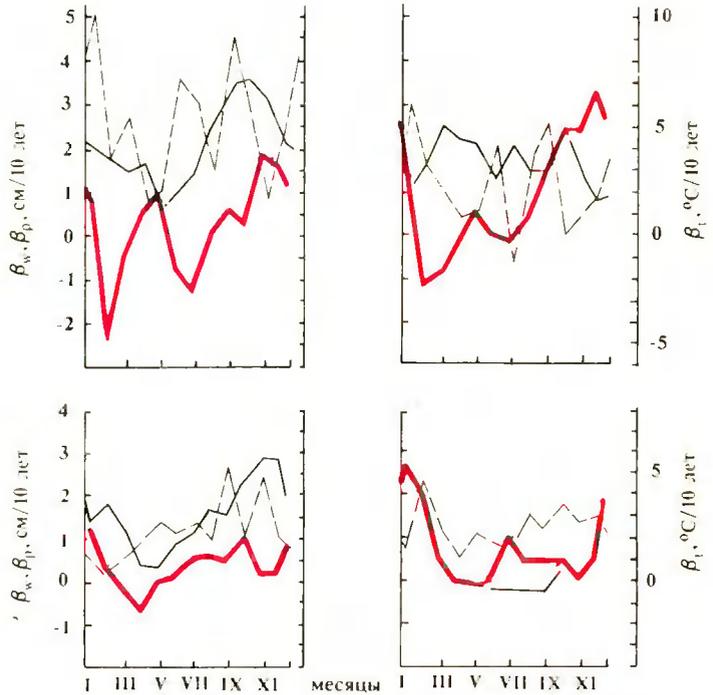
Вариации среднегодовых значений количества осадков [в миллиметрах] для различных регионов без учета данных для Северной Канады в зоне $35-70^\circ$ с. ш. [по: Vinnikov K. Ya et al. // J. of Climate. 1990. № 7]. Чем больше территория, тем меньше изменчивость среднегодовых значений осадков над нею. Над небольшими территориями осадки меняются очень сильно, поэтому трудно выявить статистически значимую тенденцию к их увеличению или уменьшению. Однако для крупных территорий [СССР, $35-70^\circ$ с. ш.] наблюдается четко выраженная тенденция к увеличению — около 5 см за 100 лет.

другими факторами: характером растительности, глубиной вспашки, урожаем-предшественником на пашне и т. д. Поэтому до самого недавнего времени надежных эмпирических данных по влагозапасу почвы просто не существовало. Плановые работы в этом направлении были начаты в Государственном гидрологическом институте в Ленинграде. Были отобраны данные за 1972—1985 гг., полученные примерно на 50 станциях в заповедниках, т. е. местах, где сельскохозяйственная деятельность не оказывала влияния на влагозапас. Их анализ показал, что влагосодержание в метровом слое почвы имеет устойчивую тенденцию к росту. Для европейской территории страны и Западной Сибири к северу от 50° с. ш. (широта Харькова, Караганды) влагозапас

почвы увеличивался всюду и во все сезоны со скоростью от 1 до 3 см за 10 лет. Для Северной Азии эти изменения близки к нулю и статистически незначимы.

Выделим два примера таких региональных изменений. Во-первых, это таяние вечной мерзлоты в полярных районах. Хотя пока трудно выделить причины, связанные с глобальным потеплением климата, от локальных антропогенных, в частности в северных городах, ясно, что с ростом потепления сезонное протаивание будет увеличиваться, создавая угрозу дорогам, строениям, коммуникациям. Во-вторых, происходит изменение уровня Каспийского моря. В 30-е годы он быстро снизился на 1,7 м, с 1940 по 1977 г. — еще на 0,7 м. С 1978 г. уровень вновь стал расти, причём настолько

Оценки линейных трендов — величины, характеризующих изменения средних значений месячных влаго-содержания метрового слоя почвы β_w (черная кривая), количества атмосферных осадков β_p (пунктирная кривая) и приповерхностной температуры β_t (цветная кривая) для северо-запада Европейской территории СССР — 55—60° с. ш. (слева вверху), Европейской территории СССР — 50—55° с. ш. (справа вверху), Западной Сибири — 50—55° с. ш. (слева внизу) и Средней Азии — сороковые широты (справа внизу) — [по: Vinnikov K. Ya. et al. // J. of Climate. 1990. № 7].



быстро, что к 1989 г. увеличился на 1,5 м. Для прибрежных районов подобные вариации — серьезная проблема. В последнее десятилетие этот процесс привел к повышению уровня грунтовых вод, уничтожению пляжей, необходимости защиты дорог, портовых сооружений и т. д. Ущерб исчисляется уже сотнями миллионов рублей.

Наряду с тем, что нужно изучать изменение средних климатических характеристик, необходимо также знать, что происходит с изменчивостью климата — каковы частота и интенсивность экстремальных событий (засух, наводнений, ураганов и т. п.). Анализ столетних рядов данных для глобальной температуры или температуры Северного полушария обнаружил тенденцию к увеличению изменчивости климата. Это важный для приложений вывод, поскольку именно засухи, наводнения и другие экстремальные события вызывают наибольший ущерб.

О ЧЕМ ГОВОРЯТ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ПРОШЛОМ

В чем же причина наблюдаемых изменений климата? Быть может, это просто естественные флуктуации? Ведь известны же малый ледниковый период XIV—XVIII вв. и теплая эпоха викингов IX—XII вв. Мы не

располагаем инструментальными данными о температуре и осадках за эти периоды, однако есть косвенные основания полагать, что эти изменения не были столь глобальными, а в большей степени локализовались вокруг Северной Атлантики. К тому же темпы этих изменений были заметно ниже, чем сейчас. Тем не менее отсутствие знаний количественных характеристик изменчивости климата за период в сотни лет дает возможность немногочисленным скептикам говорить, что мы пока точно ничего не можем сказать о причинах наблюдаемых изменений климата. В то же время большинство ученых считают, что они связаны с изменениями химического состава атмосферы, ростом концентрации парниковых газов — углекислого газа, метана, фреонов, закиси азота и др. Сейчас мы знаем, как менялся химический состав атмосферы за последние 160 тыс. лет. Эти сведения получены французскими учеными из анализа состава пузырьков воздуха в ледниковых ядрах, извлеченных с глубин до 2 км на советской станции «Восток» в Антарктиде. Выявлено, что в теплые периоды концентрации углекислого газа и метана были примерно в 1,5 раза выше, чем в холодные ледниковые периоды. К таким же выводам относительно последних 25 тыс. лет пришли швейцарские ученые на основе анализа кер-

нов гренландского льда. Пока конкретные механизмы связи естественных изменений состава атмосферы и климата надежно не установлены, однако независимо от характера причинно-следственных связей ясно, что они существовали всегда, хотя и были не столь существенны, как сейчас.

Часть флуктуаций параметров, характеризующих климат, особенно короткопериодных (от нескольких месяцев до двух-трех лет), могут быть объяснены введением в атмосферу больших количеств аэрозоля, прежде всего от крупных извержений вулканов. Однако в среднеглобальном ряду эти изменения не превышают десятых долей градуса. Наименее исследованными являются механизмы климата, связанные с океаном. Здесь можно отметить явление Эль-Ниньо — температурное колебание, четко проявляющееся раз в четыре — шесть лет на всей площади Тихого океана и в меньшей мере в глобальном масштабе². Механизмы с характерными временами в десятки лет (не говоря уже о сотнях лет) практически неизвестны. В этом и заключается основное препятствие для уверенного заявления, что уже выделен «сигнал» от парникового эффекта на фоне естественных колебаний параметров климатической системы. Поэтому ученые пока предпочитают ограничиваться осторожными высказываниями, что наблюдаемые изменения климата согласуются с тем, что мы знаем о парниковом эффекте³.

ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

Суть его в том, что парниковые газы хорошо пропускают солнечное излучение, доходящее до поверхности Земли и нагревающее ее, и заметно поглощают тепловое излучение нагретой поверхности и нижних слоев атмосферы. Часть этого поглощенного теплового излучения излучается атмосферой обратно к поверхности. Не будь этого эффекта, средняя температура земной поверхности была бы на 3,2 °С ниже нынешних +14 °С.

Главным по значению парниковым газом является водяной пар, за ним следуют углекислый газ CO₂, обеспечивавший в 80-х годах 49 % дополнительного по сравнению с началом прошлого века увеличения парникового эффекта, метан CH₄ (18 %), фреоны (14 %), закись азота N₂O (6 %), а на

остальные газы приходится 13 %. Для сравнения приведем оценки вкладов за период с 1880 по 1980 г.: CO₂ — 66 %, CH₄ — 18 %, фреоны — 8 %, N₂O — 3 %, остальные газы — 8 %. Это свидетельство достаточно быстрых изменений состава атмосферы.

История ее эволюции показывает, что первым около 300 лет назад намечался рост концентрации метана: с конца XVII в. его содержание в атмосфере увеличилось почти втрое — с 0,6 до 1,7 млн⁻¹ (1 млн⁻¹ = 1 молекула газа на 10⁶ молекул воздуха). Этот процесс тесно связан с увеличением народонаселения Земли, а основные источники метана есть прямой результат деятельности человека. Это рисовые поля, крупный рогатый скот, добыча ископаемого топлива (угля, нефти, газа).

Начало заметного роста концентрации CO₂ приходится на конец XVIII в., когда она была близка к 280 млн⁻¹. Тогда это было связано с вырубкой лесов, поглощающих углекислый газ в процессе фотосинтеза. В настоящее время основной источник CO₂ — сжигание ископаемого топлива. Современный вклад биологических источников оценивается в 20—60 %, хотя большинство исследователей склоняются к нижнему пределу. В 1988 г. содержание CO₂ в атмосфере было около 350 млн⁻¹, т. е. за 200 лет увеличилось на 25 %. В настоящее время скорость роста близка к 1,5 млн⁻¹/год.

Фреоны, или фторхлоруглероды, — газы, неизвестные в природе. Они синтезированы в 30-х годах и стали широко применяться в промышленном производстве лишь с конца 50-х годов. За этот короткий срок их концентрация в атмосфере достигла 0,3 млрд⁻¹.

Концентрация N₂O также заметно повышается — с конца прошлого века она выросла более чем на 20 %. Основная причина — увеличение производства (и потребления) азотных удобрений.

Для оценки будущих концентраций парниковых газов важно знать не только сценарии промышленного развития, т. е. источники этих газов, но и их стоки — химические реакции в атмосфере, океане, биоте. Наука о природных биогеохимических циклах начала развиваться лишь недавно. Благодаря ее исключительному значению для прогноза будущих изменений состава атмосферы это новое направление стало одним из главных в Международной геосферно-биосферной программе «Global change» («Глобальное изменение»).

Увеличение концентрации перечисленных газов по-разному влияет на поглощение тепловой радиации и, тем самым, на величину

² Федоров К. Н. Океан из космоса и в лаборатории // Природа. 1987. № 9. С. 46—57.

³ Будыко М. И. Современные изменения климата. М. 1987; Он же Антропогенное изменение климата // Природа. 1986. С. 14—21.

ну парникового эффекта. Это определяется особенностями поглощения самой молекулы данного газа и спектром поглощения других газов, прежде всего водяного пара. Самый медленный рост поглощения с концентрацией происходит для углекислого газа — здесь зависимость логарифмическая. Для метана и закиси азота изменения более быстрые — они пропорциональны квадратному корню из концентрации, а для фреонов эта зависимость прямо пропорциональная. В итоге, хотя этих газов в атмосфере существенно меньше, чем углекислого газа, одна молекула метана оказывается в 30 раз, а закиси азота в 10 раз более эффективной, чем молекула углекислого газа, а фреоны в несколько тысяч раз более эффективны (в расчете на 1 молекулу), чем метан, хотя пока их суммарная концентрация почти на 4 порядка ниже, чем у метана.

Если же учесть, что фреоны в тропосфере ни с чем не реагируют, в океане растворяются плохо, то неудивительно, что их время жизни порядка сотни лет. Их разрушение идет лишь в стратосфере под действием ультрафиолетового излучения Солнца, куда они медленно диффундируют из нижних слоев. Отметим, что сейчас содержание фреонов в атмосфере растет на 5—10 % в год.

Фреоны особенно ярко показали, как тесно связаны друг с другом все проблемы окружающей среды и что изменения климата — лишь одна из сторон общих ее изменений. Действительно, мало того что фреоны вносят существенный вклад в парниковый эффект, в последнее время они еще приобрели печальную известность как разрушители озона⁴. Сжигание ископаемого топлива не только питает атмосферу углекислым газом, но и составляет в нее окислы серы (уголь, некоторые сорта нефти) и азота (все виды топлива). Это ведет к дождям, которые закисляют почвы, водоемы, поражают леса. Примерно половина лесов Северного полушария в той или иной степени подвержена деградации из-за действия кислотных дождей. Вырубка лесов уменьшает сток CO₂ из атмосферы, ухудшает локальный климат, увеличивает эрозию почв, способствует наводнениям, уменьшает разнообразие животного и растительного мира. Посадение лесов, напротив, ведет к обратным положительным явлениям. Чрезмерное использование азотных удобрений повышает не только содержание закиси азота в атмосфере, но и нитратов в нашей пище.

Однако вернемся к изменениям климата. Если темпы роста концентраций парниковых газов сохранятся такими же, как в последние десятилетия, то около 2020 г. ситуация будет соответствовать эквивалентному (в указанном выше радиационном смысле) удвоению содержания CO₂ в атмосфере.

СЦЕНАРИИ БУДУЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Они определяются прежде всего двумя факторами. Во-первых, будущим ростом концентрации парниковых газов в атмосфере. Человечество может влиять на эти процессы, поскольку они определяются его хозяйственной деятельностью (к этому мы еще вернемся). Во-вторых, реакцией всей климатической системы на этот рост. Кое к каким заключениям можно прийти, изучая уже происходящие изменения. Какова будет дальнейшая реакция — серьезная научная проблема, требующая согласованных усилий климатологов и метеорологов, океанологов и географов, физиков и химиков, математиков и биологов, гидрологов и гляциологов, специалистов по космическим исследованиям и многих других. Работы в этом направлении разворачиваются в рамках Всемирной климатической программы, а также упомянутой выше программы «Global change». Участвует в них и СССР, хотя наш вклад мог бы быть гораздо большим.

В климатическую систему входят атмосфера, океан, поверхность суши с растительностью, криосфера. Все эти компоненты имеют сильно различающиеся масштабы временных изменений — недели для атмосферы, столетия для океана и биоты и тысячелетия для больших ледниковых щитов Антарктиды и Гренландии. Процессы внутри этих компонентов, их взаимодействие между собой и являются предметом изучения.

Самый распространенный метод оценки ожидаемых изменений — физико-математическое моделирование. Процессы преобразования солнечной и тепловой энергии, влаги, движения в атмосфере и океане, взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью (например, океаном и сушей) записываются в виде уравнений с учетом условий на границах раздела и т. д. Возможность детализации этих процессов в пространстве и времени, длительность их описания зависит от возможности современных ЭВМ, пока еще совершенно недостаточной, особенно когда речь идет о процессах в океане. Но и большинство самих этих про-

⁴ См.: Кароль И. Л. Настоящее и будущее атмосферного озона // Природа. 1988. № 9. с. 10—19.

цессов, прежде всего взаимодействие солнечной и тепловой радиации с облачностью, образование осадков, взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью, изучены слабо. Все это приводит к существенному разбросу — в пределах от 1,5 до 4,5 град.— оценок повышения средней температуры земной поверхности при удвоении содержания CO_2 в атмосфере. Более того, хотя зональные и сезонные оценки изменений в различных моделях согласуются между собой и с эмпирическими данными, региональные изменения в моделях согласуются плохо. Особенно велики различия в предсказаниях влагозапаса почвы: одни модели предсказывают сильное иссушение континентов летом, в других этого эффекта практически нет.

Кроме уже упомянутого повышения уровня океана следует ожидать также увеличения частоты и силы тропических ураганов. Они зарождаются над океанами в областях, где температура поверхностных вод выше 26—27 °С. При потеплении площади, занимаемые такими водами, будут гораздо больше. У нас в СССР тропические ураганы зачастую вызывают сильные ливни и наводнения на Дальнем Востоке, как это случилось в августе 1989 г. в Приморье и Хабаровском крае.

Один из подходов оценки возможных региональных изменений климата основан на идее М. И. Будыко, который предложил воспользоваться сведениями о климате прошлых теплых эпох: оптимума голоцена (6—8 тыс. лет назад), когда средняя глобальная температура была выше современной примерно на 1 град., предыдущего межледникового (120—130 тыс. лет назад), когда было теплее на 1,5—2 град., и миоцена (3 млн. лет назад), когда температура превышала современную на 3—4 град. Против этого возражают ученые на Западе, особенно в Великобритании, говоря, что этим эпохам соответствуют другие орбитальные параметры Земли (теория Миланковича), восстанавливаемые изменения соответствуют гораздо более равновесным условиям (все изменения происходили за многие столетия и тысячелетия), концентрации парниковых газов были не такими большими, как сейчас (около 300 млн⁻¹ и 1,5 млн⁻¹ для CO_2 и CH_4 , по данным анализа пузырьков воздуха в ледниковых кернах), наконец, реконструкции показывают, что в тропических областях температуры практически не менялись или кое-где были на 1 град. меньше современных, а модели с удвоенным содержанием CO_2 дают потепление и в тропиках. Вместе с тем палеорекострукции для

всех этих эпох приводят к более или менее качественно подобным изменениям климата не только при зональных осреднениях, но и для отдельных регионов, что дает основание доверять им при прогнозе будущих изменений. В целом эти изменения качественно согласуются и с современными изменениями климата.

Предстоит еще огромная работа как по изучению отдельных процессов, численному моделированию климатических изменений, так и по уточнению палеорекострукций. Для последних предстоит еще понять причины потеплений, особенно в голоцене и предыдущем межледниковье. Вероятно, в эти более теплые и влажные эпохи было ниже альбедо (коэффициент отражения солнечной радиации) поверхности суши, что можно связать с большим влагозапасом почвы и другими видами растительности. Эта гипотеза заслуживает самой тщательной проверки.

ЕСТЬ ЛИ ВЫХОД?

Мы уже говорили о связи проблемы климата с общей проблемой деградации окружающей среды, которая неотвратимо выходит на первый план среди мировых глобальных проблем. В 1973 г. ООН образовала Международную комиссию по окружающей среде и развитию под председательством Г. Х. Брундтланд (в то время премьер-министра Норвегии). Доклад этой комиссии «Наше общее будущее»⁵ кратко можно резюмировать так. У человечества есть обнадеживающая перспектива, если оно прекратит безумное экстенсивное развитие, ведущее к растрате природных ресурсов, нарастающему загрязнению природной среды, к еще большему разрыву в условиях жизни между богатым Севером и нищим Югом.

Как этого достичь? Резким увеличением эффективности использования энергетических и сырьевых ресурсов, повторной и многократной переработкой так называемых отходов, созданием безотходных производств — своего рода промышленных экосистем, передачей на льготных условиях энерго- и ресурсосберегающих технологий тем странам, которые их не имеют и вынуждены производить продукцию со значительными затратами энергии и сырья. По оценкам западных экспертов, затраты на энерго- и ресурсосбережение, как правило, окупают-

⁵ Русский перевод вышел в 1989 г. в издательстве «Прогресс».

ся за несколько лет, а часто и за год-два. Поэтому переход на путь всемерной экономии не только решает (или ослабляет) проблемы окружающей среды, в том числе и связанные с климатом, но и оказывается экономически выгодным и устраняет неравенство между поколениями. Люди всегда верили, что их дети и внуки будут жить лучше, чем они сами. Сейчас эта вера серьезно поколеблена, и чтобы ее восстановить, нужна перестройка всей мировой экономики, социально-экономического сознания всего человечества. Земля у нас одна, и она нуждается в защите от нас самих, от нашей практики хозяйствования на ней. В качестве одного из путей достижения этой цели предлагается каждую тонну древесного или ископаемого топлива, сжигаемого в развитых странах, облагать налогом в несколько процентов ее стоимости и из этих денег создать всемирный фонд помощи развивающимся странам для внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий, для лесопосадок и предотвращения вырубки лесов.

Рассмотрим вкратце, каким потенциалом обладает для этого мир уже сегодня. В 1987 г. в атмосферу было выброшено 22 млрд т CO_2 . Из них 45 % дало сжигание угля, 40 % — нефти и 15 % — газа. При производстве одинакового количества энергии нефть дает на 15 %, а газ на 43 % меньше углекислого газа, чем уголь. Если же учесть, что КПД газовых установок заметно выше, чем потребляющих уголь, то выигрыш будет в два-три раза. 23 % в этих выбросах приходится на США, 19 % — на СССР, 13,5 % — на Западную Европу, 8,7 % — на Китай, 7 % — на восточноевропейские страны. На всех остальных приходится лишь около 28 %. Только замена одних видов топлива другими может заметно уменьшить выбросы CO_2 в атмосферу. Как известно, запасы ископаемого топлива, особенно нефти, ограничены, поэтому его следует сохранять для грядущих поколений, которые найдут для него лучшее применение (например, в нефтехимии).

Эффективность потребления энергии существенно отличается в разных странах в расчете на единицу валового национального продукта (ВНП). В США она примерно вдвое, а у нас почти вчетверо ниже, чем в Японии и Франции⁶.

Впервые западные страны всерьез занялись проблемой экономии энергии с середины 70-х годов, после эмбарго и резко-

го повышения цен на нефть. В США, например, потребление энергии основными отраслями промышленности (металлургия, химия, производство бумаги и строительных материалов) с 1973 по 1981 г. сократилось на 6 %, тогда как их производство выросло на 13 %. Италия в тот же период ежегодно почти на 6 % сокращала потребление энергии на единицу ВНП. Близкие цифры характерны и для Японии. Хотя в последние годы в связи с резким падением цен на нефть этот процесс в экономике западных стран замедлился, научные и технологические разработки ведутся усиленными темпами.

Несколько примеров. Около 30 % электроэнергии в мире тратится на освещение. Фирма «Филипс» уже несколько лет выпускает лампы, которые потребляют в 4 раза меньше энергии, чем лампы накаливания. Хотя они раз в 20 дороже, но действуют в несколько раз дольше, и расходы оправдываются за 1,5—2 года. Созданы люминофоры, которые на то же количество света дают экономии электроэнергии в 10 раз! Уже сегодня наиболее экономичные легковые автомобили тратят 3,5—5 л топлива на 100 км, и разрабатываются модели, для которых на 100 км расход топлива не должен превышать 2,5 л. В несколько раз можно снизить при соответствующих конструкциях расходы энергии на обогрев домов, работу холодильников, приготовление пищи и др. Парогазовые циклы с использованием газовых турбин типа авиационных позволяют как минимум вдвое поднять КПД использования топлива в стационарных системах по выработке электроэнергии и тепла.

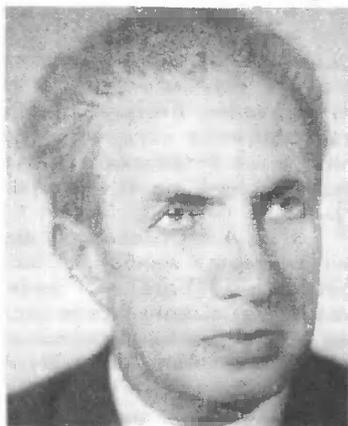
Таким образом, изменение структуры промышленности с ориентацией на энерго- и ресурсосбережение должно стать генеральным направлением развития на ближайшие десятилетия. Это не только оздоровит экономику и окружающую среду, но и даст время для развития энергетики, использующей возобновимые ресурсы — энергию Солнца, ветра и т. д., а также водородной энергетики, в которой носителем энергии служит не ископаемое топливо, а водород.

Все эти проблемы так же остро стоят у нас в стране. Их решение зависит от успеха перестройки, которая призвана решать не только политические, экономические, социальные, но и экологические проблемы, причем не только локальные или региональные, но и глобальные — такие, как изменения климата, обусловленные изменением состава атмосферы.

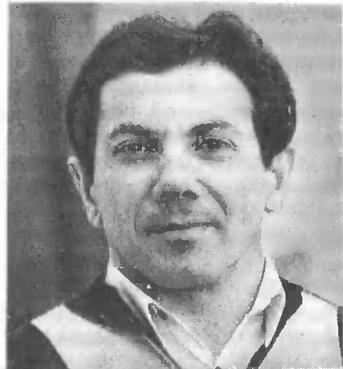
⁶ См. подробнее: Атомная энергетика в перекрестии мнений // Природа. 1989. № 10. С. 15—39.

**М. М. Сенявин,
Р. Х. Хамизов**

Океанская вода — источник минерального сырья



Марк Моисеевич Сенявин (1917—1989), доктор химических наук, профессор. ¹ Заведовал лабораторией сорбционных методов Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР. Участник ряда важных научных проектов, в том числе разработки ионообменных способов очистки вод тепловых и атомных станций. Лауреат Государственной премии СССР.



Руслан Хажсетович Хамизов, кандидат химических наук, старший научный сотрудник того же института. Специалист в области физической химии ионообменных процессов концентрирования и разделения компонентов.

С РОСТОМ населения Земли, интенсивным развитием промышленности все острее стоит вопрос о рациональном использовании природных ресурсов. Богатых и удобных для разработки месторождений становится все меньше. Так, давно исчерпана гора Магнитная, и мы добываем железную руду открытым способом в Курской магнитной аномалии, используя ее лишь после обогащения. С больших глубин извлекают остатки угля в знаменитом Донецком бассейне, поэтому все расширяются вскрышные работы для добычи средних по качеству углей на месторождениях Экибастузского и Канско-Ачинского бассейнов. Подобных примеров можно привести много, но ограничимся этими и перейдем к следствию: важнейшее условие выживания человечества — всемерное сбережение и поиск новых источников минерального сырья. В качестве одного из них в последние годы все чаще рассматривается океанская вода¹.

Вода океанов содержит почти все минеральные компоненты. «Бездонность» этого источника обусловлена своеобразным равновесием между концентрацией компонентов в морской воде и донных породах: избыточное поступление любого из них компенсируется его переходом в осадок, и наоборот, извлечение из воды какого-либо компонента ведет к «вымыванию» его из донных отложений.

Несомненные достоинства океанской воды как потенциального источника минерального сырья — ее громадный объем (1,37 млрд км³) и доступность для переработки, связанная с огромной протяженностью береговой линии. Кроме того, растворенное состояние минеральных компонентов облегчает их добычу, позволяет, в частности, прямо использовать океанскую воду в гидрометаллургических процессах.

Конечно, из-за низких концентраций

© Сенявин М. М., Хамизов Р. Х. Океанская вода — источник минерального сырья.

¹ СкINNER Б. Хватит ли человечеству земных ресурсов? М., 1989.

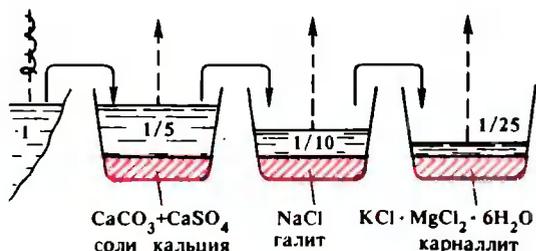


Схема извлечения основных компонентов при солнечном упаривании морской воды. При уменьшении объема в 5 раз выпадают нерастворимые соли кальция, в 10 раз — галит, в 25 — карналлит.

многих цветных, редких и благородных металлов требуется многократное их концентрирование, и все же общее содержание любого из этих элементов в океане многократно превосходит его содержание в самых богатых месторождениях. Важно только найти оптимальный способ извлечения минеральных компонентов из морской воды.

АССОРТИМЕНТ

Человека издавна привлекают минеральные богатства морской воды. Об извлечении главного ее компонента — пресной воды — упоминается еще в библейских сказаниях («Чудо пустыни Марс»). Опреснение морской воды и по сей день остается актуальной задачей, о которой, наверное, следовало бы рассказать отдельно. Но и в этой статье невозможно обойти методы опреснения. Все они делятся на две группы: в одной (дистилляция, вымораживание и гиперфильтрация) извлекают непосредственно воду, в другой (электродиализ и ионный обмен) удаляют растворенные компоненты.

Наиболее экономична дистилляция — испарение с эффективным использованием тепла, например, от атомных реакторов (так получают пресную воду в Кувейте и у нас в г. Шевченко на Каспийском море). Чтобы сделать эту воду пригодной для питья, к ней добавляют соли, главным образом бикарбонат кальция. Столь же глубокого опреснение достигается и при вымораживании, поскольку лед образует лишь обессоленная вода. Однако этот метод не нашел широкого применения. Мало пока используется и гиперфильтрация — просачивание морской воды через специальные мембраны, не пропускающие солей, так как ее эффективность сильно зависит от качества мембран, производство которых — непростая техническая задача.

Методы удаления солей из растворов

тем эффективнее, чем ниже их соленость. Электродиализ считается рентабельным при содержании солей до 10—15 г/л, а ионный обмен — до 1—2 г/л. Но и это еще не все: при электродиализе (даже при исходном содержании солей 0,5—0,7 г/л) в воде остаются бор и бром в количествах, превышающих нормы для питьевой воды. Поэтому электродиализ применяют в основном для опреснения солоноватых подземных вод с низкими концентрациями бора и брома (меньше 1 мг/л).

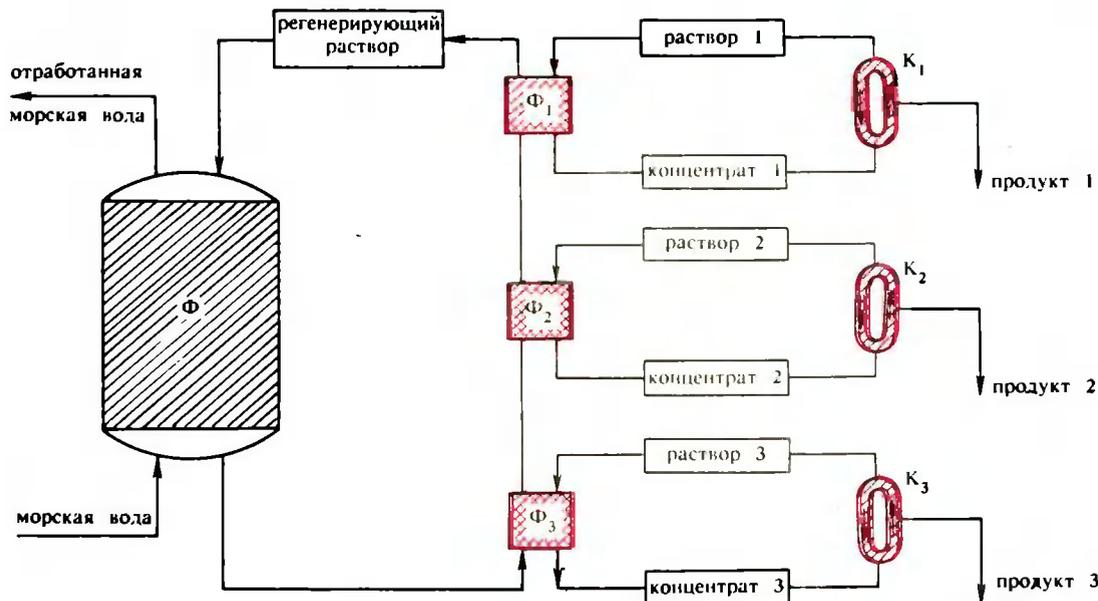
В промышленных масштабах морскую воду опресняют, главным образом, дистилляцией. Ежегодно этим методом получают около 1 млн м³ пресной воды, и объем ее неуклонно растет. Параллельно образуется огромное количество рассолов (опреснительные установки упаривают воду всего лишь в 2—4 раза), которые сбрасывают в море.

Как уже отмечалось, метод дистилляции считается наиболее экономичным, не требующим больших капиталовложений. Между тем американские исследователи более 20 лет назад показали некорректность этой оценки: при учете загрязнения акватории рассолами, стоимость дистиллята гораздо выше². Очевидно, в будущем опреснительная технология станет развиваться в направлении создания замкнутых процессов, производящих как воду, так и минеральные компоненты и практически полностью использующих исходное сырье — морскую воду.

Второй главный компонент морской воды — поваренная соль — NaCl (в среднем 30 г/л). Простейший и давно используемый способ получения поваренной соли — естественное упаривание воды под действием солнечного тепла. Морскую воду отводят в специально подготовленные участки — «карты». После выпадения поваренной соли, малорастворимой по сравнению с другими компонентами, воду спускают обратно в море, а осадок сгребают бульдозерами. Так получают желто-коричневую техническую поваренную соль, которую для пищевых целей очищают перекристаллизацией.

Морская вода дает примерно $\frac{1}{3}$ общей мировой добычи поваренной соли. (Впрочем, все «сухопутные» ее месторождения образовались тоже в результате испарения древних морей.) Надо, однако, иметь в виду, что для территорий с холодным или умеренно-влажным климатом технологии, связанные с солнечным упариванием, неприемле-

² Hanson C. // Chem. Engineer. 1972. Vol. 264. P. 295—298.



Принцип сорбционного извлечения компонентов. На первой ступени (Φ) используют сорбенты коллективной избирательности, например природные цеолиты, на второй (Φ₁ — Φ₃) — сорбенты каждого извлекаемого компонента. Все регенерационные растворы используются многократно. Конечные продукты выделяются в противоточных ионообменных колоннах — К₁ — К₃.

мы. В начале 70-х годов³ в ряде стран, в частности в Англии и Швеции, развернулись исследования по получению пресной воды и солей в установках искусственного вымораживания. Основные морские ресурсы нашей страны приходятся, как известно, на северные и восточные регионы, поэтому подобные технологии актуальны и для нас. Но, несмотря на проведенные опытные испытания, методы вымораживания нигде пока не нашли коммерческого применения³.

На третьем месте по содержанию в морской воде находится магний. Интерес к нему связан, главным образом, с производством огнеупорного кирпича для черной металлургии, важнейшая составная часть которого — оксид магния (жженая магнезия). В современной технике незаменим металлический магний, получаемый электролизом расплава хлорида магния. Весьма перспективно использование соединений магния в электроаккумуляторах высокой емкости.

В отличие от пресной воды и поваренной соли магний невозможно получить без химической обработки морской воды. Его

выделяют, используя чрезвычайно малую растворимость гидроксида магния — Mg(OH)₂: подщелачивание морской воды до pH 9—10 приводит к почти полному извлечению магния. Из экономических соображений осаждают гидроксид после предварительного упаривания морской воды (вместо концентрата годна природная рапа).

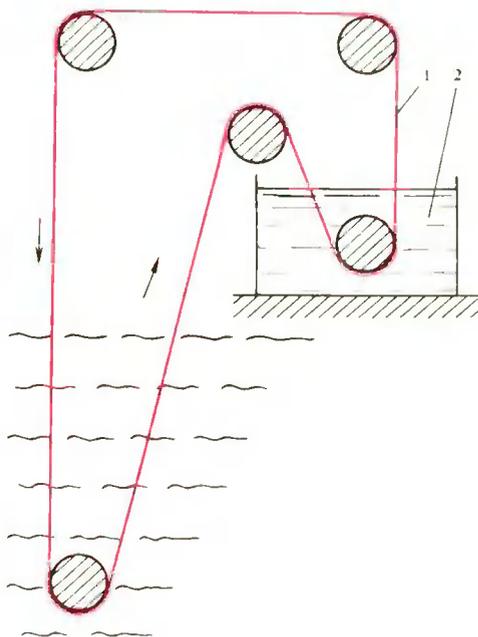
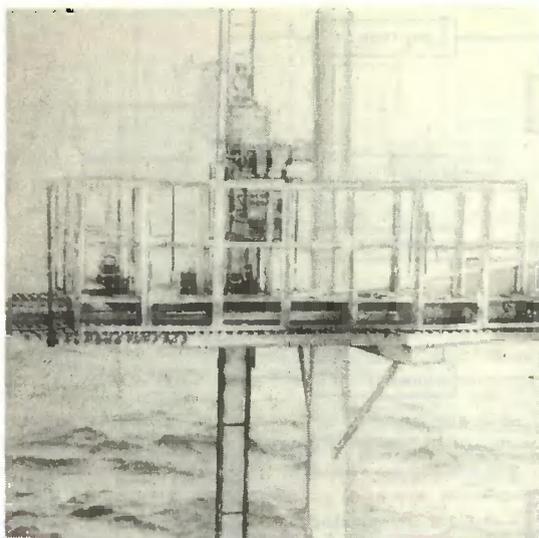
Ныне около 60 % мировой добычи магния приходится на морскую воду, причем более половины «морского» магния добывают две американские фирмы: «Доу кемикл» и «Гидро электрик»⁴. Производство основано на осаждении гидроксида магния гашеной известью — Ca(OH)₂, получаемой из разных источников, например из морского ракушечника. Осадок гидроксида промывают и обрабатывают кислотами для получения нужной соли или прокалывают до жженой магнезии (MgO). Чистота получаемого продукта зависит, в конечном итоге, от качества реагента для осаждения.

Производство магния из морской воды, безусловно, рентабельно. Но из-за внесения в воду большого количества реагентов существующие технологии не отвечают требованиям экологической безопасности. В этой связи во многих странах, в том числе и в США, продолжается поиск новых методов его извлечения.

Если же сравнить добычу всех элементов из океана с их получением тради-

³ Колодин М. В. // Химия и технология воды. 1986. Т. 8. № 6. С. 35—41.

⁴ Hanson C. Op. cit.



Вверху — погружная экспериментальная установка непрерывного действия с сорбентом в виде «бесконечной» ленты. Смонтирована в Крыму (пос. Качивели) на платформе Морского гидрофизического института АН СССР в 1 км от берега. Извлекает редкие, цветные и благородные металлы, концентрация которых в морской воде 0,1—10 мкг/л и даже меньше. Внизу — схема действия установки: 1 — сорбирующий материал, 2 — регенерационный раствор для накопления компонентов.

ционными способами, то на первое место выйдет, конечно, бром. Более того, его добычу из морской воды нельзя уже назвать нетрадиционным способом — сейчас она составляет 70 % мировой.

Бром можно получать непосредственно из морской воды: для этого ее подкисляют, обрабатывают хлором, «выдувают» бром из воды и затем поглощают его различными растворами или органическими реагентами. Однако «прямое» получение брома эффективно только при высокой среднегодовой температуре воды и концентрации брома, достаточной для воздушной десорбции (более 50 мг/л).

В нашей стране, к сожалению, нет регионов, где выполняются оба эти условия: в южных морях слишком мала концентрация брома (37 мг/л в Черном и 8—10 мг/л в Каспийском)⁵, а в северных и восточных, где концентрация брома близка к средней в океане (65 мг/л), — низкая температура. Поэтому перспективнее для нас способы, включающие предварительное концентрирование морской воды (в частности, бром получают из черноморской рапы).

В настоящее время продолжается поиск новых технологий извлечения брома и совершенствуются уже известные. Увы, ни одна из существующих промышленных технологий его добычи из воды не удовлетворяет современным экологическим требованиям. В идеале следовало бы полностью отказаться и от химических способов, связанных с применением агрессивных и токсичных веществ, и от отчуждения больших территорий под «бассейны». Но пока потребности в бrome растут быстрее, чем совершенствуются технологии.

Мировое потребление брома ежегодно увеличивается более чем на 2 %. Основная часть его расходуется на производство антидетонационных добавок к бензину, а также негорючих пластмасс и утяжелителей для глубинного бурения. Даже если в ближайшее десятилетие произойдет революция в автомобилестроении и мы откажемся от обычного бензина, вряд ли потребности в бrome сильно сократятся. Это заставляет искать более совершенные способы его получения из морской воды. В частности, в нашем институте разрабатываются экологически чистые сорбционные методы, суть которых в том, что поглощение брома из морской воды и концентрата из сорбента происходит под действием электрического

⁵ Попов Н. И., Федоров К. Н., Орлов В. Н. Морская вода. М., 1979.

поля или при изменении температуры и других физических факторов.

Следующий по значимости компонент, извлекаемый из морской воды, — калий, незаменимая составная часть минеральных удобрений. Калий получают солнечным упариванием в две стадии: при плотности раствора 1,26 г/мл в осадок выпадает хлористый натрий — галит, а при 1,35 г/мл — двойной хлорид калия и магния — карналлит. Его обрабатывают небольшим количеством воды, растворяя хлорид магния, а в осадке остается соль калия.

Данный способ используется в Израиле и в меньших масштабах в Индии. В Египте наряду с солнечным упариванием популярно осаждение солей калия (тиосульфата и перхлората) из природной рапы. Во многих странах, и прежде всего в Израиле, осаждение или экстракцию калия проводят с использованием органических реагентов⁶. Что же касается стран с холодным или умеренным климатом, им нужны другие технологии.

Эта проблема давно уже актуальна для приморских стран с развитой агроструктурой, но лишенных собственных калийных удобрений. Неслучайно первой страной, где более 30 лет назад начались исследования по извлечению калия прямым осаждением из морской воды, стали Нидерланды (там использовали органический реагент — дипириламид). После обработки азотной кислотой осадок превращался в полноценное удобрение — калийную селитру, а реагент повторно использовался в следующем цикле осаждения. В 1955 г. была запущена пилотная

установка на 300 м³/ч морской воды, стоившая 2 млн долл⁷.

Очевидно, что сейчас такая технология уже не прошла бы по экологическим соображениям. Но тогда работы приостановились в основном из-за токсичности дипириламида, вызывавшего кожные болезни у операторов. Исследования последних 10 лет в Японии, США и у нас в стране (в частности, в ГЕОХИ) показывают перспективность сорбционных методов извлечения калия. Японские исследователи предлагают неорганические ионообменники на основе фосфата циркония или нитратные ионообменные смолы. В наших работах, как и у американских исследователей, предпочтение отдается природным цеолитам⁸.

Современная техника резко расширила потребление разных материалов. Уже сейчас потребность, например, во многих редких элементах не соответствует их мировым запасам в недрах. Вследствие этого океанскую воду стали рассматривать как вполне реальный источник микрокомпонентов.

Если исходить из их концентрации в морской воде, то наиболее перспективно извлечение стронция и бора. Стронций традиционно используется в стекольной промышленности, цветной и черной металлургии, но значительное увеличение потребности в нем связано не с этими отраслями, а с его использованием в кинескопах цветных телевизоров. Бор и его соединения при-

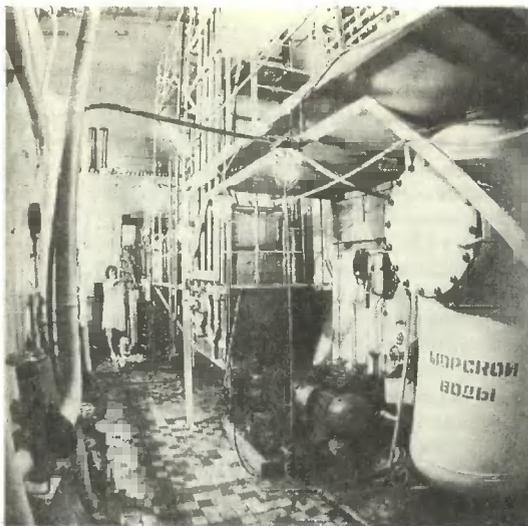
⁷ Kielland J. // Chem. Ind. 1971. P. 1309.

⁸ Хамизов Р. Х. и др. // Изв. АН СССР. Сер. хим. 1988. № 11. С. 2461—2466; Сенявин М. М. и др. Ионообменное извлечение ценных компонентов из океанской воды // Теория и практика сорбционных процессов. Вып. 20. Воронеж, 1988. С. 58—72.

⁶ Epstein J. A. et al. // Hydrometallurgy. 1975—1976. Vol. 1. № 1. P. 39—50.

Содержание минеральных компонентов в морской воде

Макро-компоненты, г/л	Компоненты с промежуточной концентрацией, мг/л	Микрокомпоненты					
		мкг/л	нг/л				
Хлор	19	Барий	30	Кобальт	80		
Натрий	10,5	Углерод	28	Молибден	10	Свинец	30
Магний	1,35	Стронций	8	Цинк	5	Цирконий	26
Сера	0,885	Бор	4,6	Уран	3,3	Тантал	20
Кальций	0,4	Фтор	1,4	Медь	3	Олово	10
Калий	0,38	Литий	0,17	Марганец	2	Золото	5
		Рубидий	0,12	Никель	2	Бериллий	0,6
				Ванадий	1,5		
				Титан	1		
				Хром	0,6		
				Цезий	0,15		
				Вольфрам	0,12		
				Серебро	0,1		



Пилотная установка берегового типа, смонтированная на Сахалинской ГРЭС. Перерабатывает более $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ морской воды. В год может вырабатывать до 150 кг карбоната стронция и 5 кг нитрата рубидия, попутно — 2 тыс. кг нитрата калия.

меняют как диэлектрики и полупроводниковые материалы. Обширное применение находят борная кислота и ее соли. В небольших количествах бор вводят в сталь и некоторые сплавы для улучшения механических свойств. Благодаря способности изотопа ^{10}B поглощать тепловые нейтроны его применяют для изготовления регулирующих стержней ядерных реакторов.

Относительно высоки содержания в морской воде и такого редкого элемента, как литий. Много лития расходуется в химической промышленности, металлургии, производстве алюминия, керамики и стекла. Значительные его количества потребуются в будущем для производства компактных аккумуляторов. Но все это несравнимо с резким ростом потребления лития в ближайшие 50 лет, если станет реальностью управляемый термоядерный синтез. Это связано с использованием изотопа ^6Li (только 7% природного лития представлено этим изотопом) в качестве размножителя нейтронов в установках типа «Токамак». По прогнозам, к 2000 г. только в странах Западной Европы спрос на литий достигнет 50—70 тыс. т/год, т. е. увеличится в 10 раз. Несмотря на существование литиевых руд и богатых литием высокоминерализованных рассолов и соляных озер, уже разрабатываемых развитыми капиталистическими странами, наиболее реальным источником, способным удовлетворить

потребности XXI в., все-таки представляется океанская вода.

Элементом будущего является и рубидий. В настоящее время мировое производство рубидия и его солей не превышает 10 т/год. Он используется в электронике, электро-, радио- и рентгенотехнике (особенно для сигнализации в инфракрасной области), в химической промышленности в качестве катализатора, в медицине. Однако масштабы потребления рубидия могут непредсказуемо увеличиться, что связано с созданием МГД-генераторов.

Еще 5 лет назад за рубежом основное внимание уделялось извлечению из океанской воды лишь одного микрокомпонента — урана. В Японии, например, в 1986 г. пущен экспериментальный завод производительностью 10 кг/год и проектируется предприятие, которое должно давать 1 тыс. т урана в год. Такой подход, отражающий специфику хозяйственной структуры развитых капиталистических стран, вряд ли экономически оправдан. (Впрочем, вопросы экономики требуют отдельного рассмотрения, и мы на них еще остановимся.)

Вслед за ураном, а может быть, и раньше него, следует назвать такие микрокомпоненты, как молибден и ванадий, получение которых из морской воды весьма актуально. Что касается цветных металлов, то наиболее перспективно их попутное извлечение вместе с другими микрокомпонентами: самостоятельные технологии пока не могут конкурировать с добычей цветных металлов из океанских конкреций.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Экономика извлечения минеральных компонентов из морской воды определяется стоимостью химических элементов, содержащихся в единице объема, например в 1 км^3 , и затратами на переработку такого объема с целью их концентрирования и разделения. Несмотря на огромные различия в стоимости и концентрациях отдельных компонентов, в целом наблюдается положительная корреляция между рентабельностью извлечения элементов и их содержанием в морской воде.

Безусловную рентабельность извлечения всех макрокомпонентов вплоть до брома уже не приходится доказывать. Сейчас на повестке дня добыча стронция, бора и других микрокомпонентов с концентрацией 0,1—10 мг/л. Рентабельность их извлечения в немалой степени будет зависеть от удачного выбора соответствующих методов.

Кроме того, если ориентироваться на самостоятельную добычу каждого элемента, рентабельность извлечения микрокомпонентов будет зависеть от цен на них в будущем.

Если же говорить о себестоимости извлечения, то основные затраты связаны с капитальными вложениями, химическими реагентами и перекачкой воды. Удельный вклад затрат на перекачку растет при переходе от макрокомпонентов к микрокомпонентам и для последних в большинстве случаев (литий, рубидий, уран, цветные и благородные металлы) превышает стоимость получения отдельных элементов, в особенности урана, обычно связаны с использованием энергии волн, морских течений и приливов.

Какие же видятся пути повышения экономичности процессов извлечения?

Прежде всего, это создание комплексных схем. При комплексном извлечении компонентов можно существенно сократить все виды затрат. Комплексная технология, по расчетам, рентабельна даже при включении в число извлекаемых компонентов благородных металлов, содержащихся в океанской воде в субмикромоллярных концентрациях. Затраты на разработку комплексных схем, безусловно, окупятся, поскольку эти схемы — основа для создания гибких технологических процессов с регулируемым ассортиментом и количеством извлекаемых компонентов: в настоящее время невозможно четко представить себе будущие потребности.

Для повышения рентабельности извлечения наряду с природными процессами (солнечное упаривание, например) в качестве «благоприятных факторов» можно использовать многие крупномасштабные промышленные процессы. Самый яркий пример — интегрированные, или гибридные, предприятия. Так, многие электростанции на Дальнем Востоке (Сахалинская ГРЭС, ТЭЦ-2 во Владивостоке и др.) потребляют в среднем около 1 км^3 морской воды в год для охлаждения агрегатов. Эту поданную на берег воду, имеющую остаточный напор и даже подогревшую, что важно для извлечения микрокомпонентов, можно использовать на сбросе. «Симбиоз» электростанции и установки для извлечения элементов морской воды обоюдовыгоден: установка будет получать электроэнергию и утилизировать пар, а электростанция — пресную воду для котлов и реагенты для химической очистки воды.

ВЫБОР МЕТОДОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ

Чтобы сделать переработку огромных объемов океанской воды экологически без-

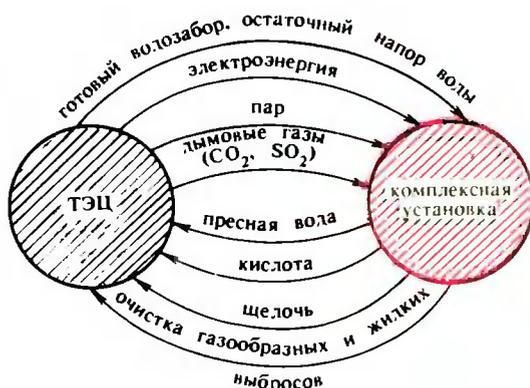


Схема взаимодействия ТЭЦ, использующей морскую воду для охлаждения агрегатов, и комплексной установки по извлечению минеральных веществ.

опасной, следует отказаться от введения химических реагентов при использовании гидрометаллургических методов. Обрабатывать можно только концентраты, изолированные от источника — моря или океана. У мембранных методов другой недостаток: они не обеспечивают нужной селективности. Поэтому наиболее перспективными представляются разрабатываемые и у нас, и за рубежом сорбционные методы, которые экологичны (неорганические и органические сорбенты практически нерастворимы), избирательны, дают возможность перерабатывать большие объемы растворов — на тепловых и атомных электростанциях СССР сорбционным методом смягчают и обессоливают примерно 1 км^3 воды в год.

Однако для переработки таких объемов в ионообменных фильтрах одновременно требуется около 10^5 т сорбентов. Таким количеством дешевых и селективных сорбентов мы не располагаем. Поэтому в нашем институте предложены схемы, в которых извлечение компонентов проводится в две стадии. На первой — с океанской водой контактируют доступные сорбенты ограниченной селективности. (В качестве таких сорбентов предложены, например, природные цеолиты, крупные месторождения которых имеются во многих регионах страны, в том числе у морских побережий.) На второй стадии в регенерационных растворах, объем которых в 100—1000 раз меньше, чем объем исходной воды, нужные компоненты повторно концентрируются и доочищаются более селективными и, соответственно, более дорогими сорбентами. В зависимости от природы извлекаемого компонента вторая стадия проводится в один, или несколько этапов.

В разрабатываемых в ГЕОХИ схемах извлечения используются различные спо-

собы повторного концентрирования и доочистки, применяются обычные и противоточные фильтры, мембранные методы, а на конечных этапах — методы осаждения и электролиза. Параллельно разрабатываются теоретические основы сорбционного извлечения микрокомпонентов, а также методы расчета и описания многоступенчатых сорбционных технологических схем на базе созданных в институте математических моделей.

В лабораторных условиях проведена паспортизация сорбентов, исследованы почти все известные типы ионообменных материалов. Лучшие образцы апробированы на стендовых установках, в условиях, близких к природным. Сейчас работа продолжается на специально созданном автоматизированном сорбционном стенде. Конечная цель этих исследований — установление связей между физико-химическими свойствами материалов, их составом и структурой, выдача рекомендаций для направленного синтеза сорбентов, лучше всего работающих на том или ином этапе извлечения.

Для создания многоступенчатых процессов нами на базе нескольких дешевых и доступных сорбентов разработаны каскадные схемы, позволяющие, чередуя селективный и вспомогательный иониты, достичь эффективного концентрирования и разделения. Такие схемы уже реализованы при извлечении стронция и рубидия.

В схеме извлечения лития предложен метод так называемого твердофазного буферирования, в котором используются смешанные слои катионитов. Он дает возможность в несколько раз снизить одновременную загрузку дорогостоящего сорбента. На новых разработках базируются и методы извлечения брома и бора.

Самостоятельным направлением совершенствования сорбционного процесса стала работа над методами получения необходимых для сорбции реагентов непосредственно из морской воды, что особенно важно при размещении опытных установок и предполагаемого производства, например, на Дальнем Востоке, чтобы исключить расходы на перевозку реагентов. В частности, разрабатываются методы и аппаратура для получения из морской воды кислот и щелочей.

Важная часть наших работ — создание единой технологической схемы, обобщающей процессы извлечения отдельных элементов и их групп. Такая схема комплексного извлечения элементов предполагает последовательное использование одной «порции» океанской воды на нескольких эта-

пах первой стадии извлечения. Она включает повторное использование воды и реагентов, восполнение потерь кислот и щелочей продуктами электролиза воды, получение продукции в товарном виде. Цель достигается на основе моделирования процесса извлечения, натуральных экспериментальных исследований, эксплуатации пилотных и опытных установок. Одна из задач этого этапа исследований — оптимизация процесса в целом. Поскольку методы оптимизации многоступенчатых сорбционных процессов практически не разработаны, задача представляет и самостоятельный научный интерес.

Натурная апробация предложенных схем извлечения ориентирована прежде всего на береговые установки. Такие установки по извлечению стронция, рубидия, лития, бора и других элементов уже смонтированы и эксплуатируются на Сахалинской ГРЭС и ТЭЦ-2 во Владивостоке. На них отработываются оптимальные условия извлечения, получены опытные образцы продукции.

Для проектирования самостоятельного предприятия по комплексному извлечению ценных компонентов из морской воды создан рабочий проект опытной установки производительностью 270 м³/ч. Строительство такой установки начато на ТЭЦ-2 Владивостока. Там же создается автономная технологическая линия производительностью

Производительность установки, перерабатывающей 30 тыс. м³/ч морской воды

Элемент	Продукт	Масса, т/год
	Вода пресная	5 000 000
Калий	KNO ₃	40 000
Натрий	NaOH	30 000
Хлор	Cl ₂	3000
	HCl	30 000
Магний	MgO	20 000
Бром	Br ₂	5000
Стронций	SrCO ₃	3500
Бор	Ca(BO ₂) ₂	2000
	NaBO ₂	
Литий	Li ₂ CO ₃	100
Рубидий	RbCl	5
	RbNO ₃	
Молибден	CaMoO ₄	2
Цинк	Zn(OH) ₂	0,7
Медь	CuO	0,4
Никель	NiO	0,3
Уран	U ₃ O ₈	0,4
Ванадий	V ₂ O ₅	0,4
Серебро	Ag	0,01
Золото	Au	0,001

10 м³/ч, которая будет обеспечивать опытную установку необходимыми реагентами и пресной водой.

Помимо береговых конструируются и испытываются погружные установки. Для них нет необходимости подавать морскую воду на берег, что существенно снижает энергозатраты. Могут быть предложены различные погружные установки, например плавающие или фиксированные в толще воды платформы, загруженные сорбентом, буксируемые агрегаты, ленточные сорбенты и т. д. Их недостаток — в неэффективном использовании морской воды: если в фильтрах береговых установок вода прокачивается через слои сорбента, то в море она обтекает это препятствие. Таким образом, возникают дополнительные гидродинамические проблемы. Но и они в общем-то преодолимы, в частности, проблему ориентации погружных установок удастся решить

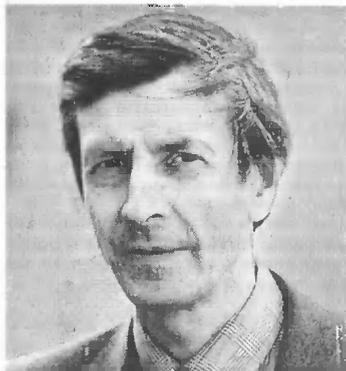
с помощью буксируемых аппаратов с пластинами из сорбентов.

Как естественное завершение настоящего этапа работ намечено в ближайшем десятилетии выдать проект самостоятельного предприятия по комплексному извлечению ценных компонентов из морской воды. Его предполагаемая производительность 30 тыс. м³/ч (объем воды для охлаждения агрегатов на одной тепловой станции). Капитальные затраты на строительство такой установки составят, по оценкам, 25 млн руб., эксплуатационные — 7,5 млн руб., а стоимость продукции по действующим оптовым ценам — примерно 50 млн руб. в год.

Можно надеяться, что успешное выполнение запланированных работ станет надежным фундаментом для новой отрасли гидрометаллургии и химической промышленности, существенно расширит минерально-сырьевую базу страны.

В. В. Алексеев

Следуя логике ЖИВОГО...



Вячеслав Викторович Алексеев, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией возобновляемых источников энергии географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Научные интересы связаны с рациональным природопользованием и физикой биосферы, в частности с биоконверсией солнечной энергии.

СОВРЕМЕННАЯ цивилизация, создающая особую среду обитания — техносферу, практически полностью игнорирует накопленный природой «эволюционный опыт». Интенсивное развитие этой второй системы, параллельной биосфере, породило экологический кризис.

ЛОГИКА БИОСФЕРЫ И ЛОГИКА ТЕХНОСФЕРЫ

При добыче полезных ископаемых и их переработке возникает принудительная дифференциация вещества и биосфера насыщается несвойственными ей элементами и соединениями, что приводит к отравлению живой природы и человека. Так, из почти 100 химических элементов, обнаруженных в земной коре, в состав живого вещества входят только 22, причем они сосредоточены в первой половине таблицы Менделеева, а самые тяжелые из них присутствуют в живых организмах лишь в микроколичествах. В то же время в промышленности используется в 7—10 раз больше химических эле-

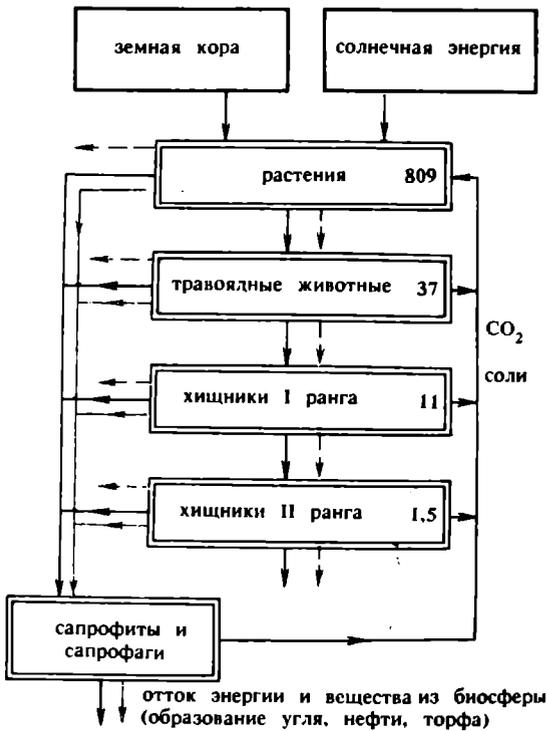
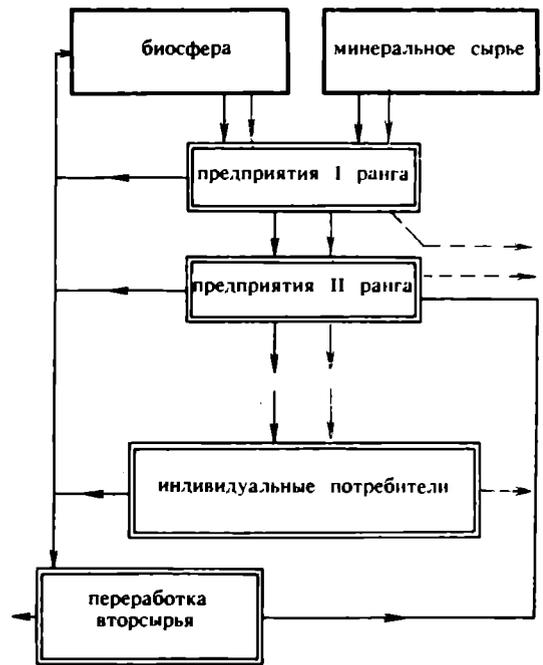


Схема потоков вещества и энергии в биосфере и техносфере (потоки вещества обозначены черными стрелками, энергии — цветными, тепла — пунктирными). Трофическую структуру биосферы можно изобразить в виде экологической пирамиды, в основании которой — растения, продуцирующие органическое вещество из неорганического за счет солнечной энергии, а последующие уровни образованы травоядными животными, хищниками I ранга, которые питаются травоядными, и хищниками II ранга, питающимися хищниками I ранга. Имеются три основных типа экологических пирамид: пирамида численности, отражающая количество организмов; пирамида биомасс, характеризующая общий сухой вес или другую меру потока живого вещества; пирамида энергии, показывающая потоки энергии между трофическими уровнями. В производственном цикле также имеются технологические связи по вертикали — от сырья до готового изделия (например, железная руда — чугун — сталь — прокат или литые — металличе-

ментов, расположенных в таблице Менделеева за кальцием, чем сконцентрировано в живом веществе. Вдобавок многие из этих элементов весьма токсичны (например, свинец, ртуть, кадмий). Хозяйственная деятельность не только нарушает соотношение химических элементов в биосфере, но и насыщает ее не существовавшими раньше соединениями, в частности отходами химических предприятий и ядохимикатами.

Анализ природных экосистем показывает, что все вещества в составе живой природы взаимодействуют друг с другом в соот-



ветствии с особой системой принципов. Схематически системы таких связей напоминают экологические пирамиды, соответственно в них можно выделить предприятия I, II и других рангов (продукция предприятий каждого ранга служит сырьем для предприятий следующего ранга). Если в живых системах важнейшим конструкционным элементом является углерод, то в промышленности — железо. Однако степень замкнутости биологических и технологических систем принципиально разная. Из водной экосистемы, например, в течение года выводится и захоранивается лишь 0,1% углерода. В то же время безвозвратные потери железа, которое в результате истирания, коррозии, плавления поступает в биосферу, составляют 10—25% (в мире ежегодно выплавляется 500 млн т этого металла). Если ситуация не изменится, через 70 лет количество потерянного железа будет таким, что при его равномерном распределении по всему земному шару концентрация этого металла в почве повысится вдвое.

ветствии с особой системой принципов. Именно это позволило биосфере достигнуть поразительных успехов в развитии и не попасть в эволюционный тупик.

Во-первых, несмотря на огромное разнообразие живых организмов и еще большее разнообразие встречающихся в них белков и нуклеиновых кислот, все они состоят из весьма ограниченного набора молекул. Двадцать аминокислот, из которых построены белки, и пять нуклеотидов, из которых состоят нуклеиновые кислоты, одинаковы для всех живых организмов. Такая стандартиза-

ция позволяет после ферментативного расщепления крупных молекул пищи на аминокислоты или простые нуклеотиды синтезировать из них белки и нуклеиновые кислоты конкретного организма.

Во-вторых, немногочисленные простые молекулы, играющие роль строительных блоков макромолекул, обычно выполняют в клетках несколько функций. Аминокислоты не только входят в состав белков, но и являются предшественниками гормонов, алкалоидов, порфиринов, пигментов и многих других биомолекул, а мононуклеотиды используются и как элементы нуклеиновых кислот, определяющих наследственность организма, и как коферменты или вещества — аккумуляторы энергии. Благодаря универсальности биомолекул живые организмы отличаются большой метаболической гибкостью, т. е. могут (разумеется, в разумных пределах) менять свой метаболизм в зависимости от того, какие питательные вещества и в каком количестве имеются в окружающей среде.

В-третьих, удивительна экономичность процессов в живых клетках. Она обусловлена наличием биологических катализаторов — ферментов. Ферменты значительно превосходят искусственные катализаторы по специфичности и каталитической активности, к тому же могут действовать в мягких условиях (при умеренной температуре). Они способны в течение миллисекунд обеспечить протекание сложных многостадийных реакций, для проведения которых химику потребовались бы дни, недели и даже месяцы. Однако самое замечательное свойство химических реакций в живых организмах состоит в том, что они протекают со 100 %-ным выходом и не сопровождаются образованием побочных продуктов.

Пока масштабы воздействия людей на окружающую среду были много меньше масштабов естественных изменений, ее восстановление лежало за границами сферы производства. Однако усиление такого воздействия привело к тому, что вода, воздух, почва и населяющие их живые организмы оказались непосредственными участниками технологических процессов.

Должна ли техносфера поглотить биосферу или же производство сольется с естественными эволюционными процессами, опираясь на законы, аналогичные тем, которые формируют молекулярную логику живого? Углубляющийся экологический кризис заставляет вспомнить фундаментальную мысль В. И. Вернадского об эволюционной преемственности будущего лика планеты: «На наших глазах биосфера резко меняется.

И едва ли может быть сомнение в том, что проявляющаяся этим путем ее перестройка научной мыслью через организованный человеческий труд не есть случайное явление, зависящее от воли человека, но есть стихийный природный процесс, корни которого лежат глубоко и подготавливались эволюционным процессом, длительность которого исчисляется сотнями миллионов лет».

С каждым днем мы все глубже осознаем, что решение современных экологических проблем может быть найдено лишь на пути согласования хозяйственной деятельности человека с естественными природными процессами, и потому все более важным становится принципиальный вывод Вернадского: «Биосфера является основной областью научного знания»¹.

Анализ экосистем показывает, что проблема очистки среды от отходов живых организмов успешно решается в сообществах растений и животных благодаря универсальности химических структур белков и нуклеиновых кислот, позволяющей осуществлять через трофические цепи и сети почти замкнутый круговорот вещества.

Выдающийся советский экономгеограф Н. Н. Колосовский был, видимо, первым, кто рассмотрел аналогию между естественными экосистемами (биогеоценозами) и территориально-производственными комплексами, под которыми он понимал взаимобусловленное сочетание производственных предприятий и поселений. Внутренние связи в комплексах необычайно многообразны. Особое место среди них занимают производственные связи «по вертикали», прослеживающиеся от сырья до готовых изделий. Эти связи определяются главными технологическими процессами, т. е. набором физических воздействий и химических реакций, и потому достаточно стабильны во времени.

Вследствие подчиненности друг другу производств, возникающих вокруг основного технологического процесса, в современной индустрии можно выделить типически повторяющиеся элементы. Такие устойчивые совокупности производственных процессов были названы Колосовским генерализованными энергопроизводственными циклами или сообществами. Вертикальные структуры энергопроизводственных циклов напоминают экологические пирамиды в биогеоценозах.

Из биохимического круговорота выводится только 0,1 % участвующего в нем вещества, в то время как в промышленности

¹ Вернадский В. И. Размышления натуралиста. Научная мысль как планетное явление. М., 1977. С. 19.

утилизация вторичных ресурсов в лучшем случае достигает десятков процентов. Улучшить ситуацию может синергизм производств, когда технологические циклы так связаны между собой, что энергетические и сырьевые отходы одних производств служат сырьем для других. Никакая технология не будет безотходной, если она не объединена с другой, для которой ее отходы являются сырьем. Таким образом, промышленное производство в целом должно развиваться на системной основе.

Данная задача не может быть решена без математического моделирования. Фундаментальная проблема системного анализа — найти такие правила отбора технологий и используемых в хозяйстве веществ, выбрать такие элементарные процессы и первичные молекулярные структуры, чтобы система оказалась самосогласованной, замкнутой и в ней осуществлялся круговорот вещества, в котором не было бы отходов.

ЭНЕРГООТДАЧА И ВЫБОР ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ

Другая особенность, отличающая хозяйственные системы от сообществ живых организмов, — их энергетическая расточительность. По оценкам академика В. А. Легасова², даже у лучших западных технологий расход энергии превышает теоретический: для алюминия в 6 раз, стали в 4, цемента в 5, нефти в 9, бумаги в 125 раз. Это весьма важно, поскольку энергетика — та область человеческой деятельности, которая подвергается все более жесткой критике за разрушительное воздействие на природу. Потребляя энергию нефти, газа, угля, человек вносит хаос в биосферу и уничтожает упорядоченность, которая сформировалась благодаря потоку свободной энергии солнечного излучения. Рост концентрации углекислого газа в атмосфере на 25 % за последнее столетие определяется только антропогенными причинами. Происходит как бы «омолаживание» биосферы — она довольно быстро начинает возвращаться в состояние, в котором была миллионы лет назад.

Хозяйственные системы призваны, используя имеющиеся в их распоряжении ресурсы сырья и ископаемого топлива, обеспечивать определенный уровень жизни населения. Однако люди — лишь небольшая часть биосферы или конкретных экологических систем, поэтому должен быть выявлен универсальный и объективный критерий

оценки интенсивности тех или иных процессов. Таким решающим критерием может служить соотношение возникающих в них потоков свободной энергии. Этот критерий позволяет оценить и вклад в производство, который вносит природа, и влияние на природу, которое оказывает производство.

Совершенно очевидно, что уровень жизни населения определяется не общим объемом добытых энергоресурсов, а непосредственными энергетическими затратами на производство продуктов и товаров для населения. Поэтому для отраслей топливно-энергетического комплекса важнейшим экономическим показателем является энергоотдача, т. е. отношение энергии W_n , полученной от системы за срок ее службы, к энергии W_z , затраченной на ее создание и эксплуатацию. Полезная энергия будет равна разности $W_n - W_z$. Эту величину часто называют энергией-нетто.

Для минеральных топлив энергоотдача не постоянна — она меняется в зависимости от выработки месторождения. Так, для фонтанирующей нефти эта величина оказывается больше 20. Однако без проведения специальных мероприятий при добыче из скважин удается извлечь не более 25 % нефти. Для увеличения отбора нефти в нашей стране широко применяют метод закачки воды в пласт. В процессе эксплуатации месторождения растет обводненность скважин и меняется соотношение воды и нефти в выкачиваемой жидкости. Расход энергоресурсов на собственные нужды нефтедобычи при увеличении обводненности резко возрастает. Расчеты показывают, что при обводненности 50 % энергоотдача скважин равна 5,4, при 80 % эта величина снижается в два раза, а при 95 % становится равной 1. После этого добыча нефти становится бессмысленной³.

Энергетический комплекс страны уже потребляет около половины капиталовложений в промышленность, а «идти за энергией» приходится все дальше на восток и север. Поэтому энергоотдача в сильной степени начинает определяться транспортными расходами. Так, только прямые энергетические затраты на перекачку газа с севера Тюменской области в европейскую часть страны составляют 10 % энергии, содержащейся в этом топливе. Но необходимо также учесть расходы энергии на сооружение трубопроводов и компрессорных станций.

Понятие энергоотдачи позволяет дать точную формулировку, что следует считать

² Легасов В. А. // Плановое хоз-во. 1986. № 6. С. 34.

³ Лузин В. И. Экономическая эффективность технического прогресса в нефтяной промышленности. М., 1982. С. 116.

энергоресурсами. Ими могут быть лишь те месторождения минерального топлива, при разработке которых энергоотдача, рассчитанная по всему энергопроизводящему циклу, превышает 1. С другой стороны, энергоотдача наряду с валовым производством энергоресурсов показывает интенсивность давления топливно-энергетического комплекса на окружающую среду.

Последнее легко продемонстрировать на примере ядерного топливного цикла. Уран — элемент, широко распространенный в земной коре. Однако если извлекать уран из руды с содержанием 0,007 % и затем его использовать в легководных реакторах, то полученная энергия W_n только в 7 раз превысит W_z — энергию, затраченную на добычу, переработку, преобразование, обогащение и изготовление топлива. Для руды с содержанием 0,002 % (гранит) эта величина будет равна 2. И потому, как утверждает Г. Кесслер, разработка таких месторождений урана для получения энергии является мероприятием весьма сомнительным⁴. Тем более, что влияние таких разработок на окружающую среду будет во много раз превосходить влияние добычи угля, необходимого для получения эквивалентного количества энергии. Все эти причины ограничивают объем ресурсов урана для реакторов на тепловых нейтронах 80 млрд т условного топлива (у. т.) для открытого топливного цикла и 120 млрд т у. т. для замкнутого цикла с регенерацией топлива на радиохимических заводах.

При расчете энергоотдачи необходимо учитывать энергетические затраты не только на добычу и переработку топлива, но и на строительство АЭС, а также вывод их из эксплуатации, переработку и захоронение отходов. Необходимо помнить и об энергозатратах, которых потребует создание мощностей в других отраслях, обеспечивающих работу ядерного топливного цикла: машиностроении, черной и цветной металлургии, химической промышленности, транспорте и т. д.

Аккуратный расчет энергоотдачи требует, таким образом, точного знания матрицы межотраслевого баланса страны (или ряда стран, если учесть международное разделение труда). Поэтому многие элементы системы производства энергии остаются неучтенными, и, как правило, оценки энергоотдачи оказываются завышенными. Расчеты показывают, что для открытого топливного цикла эта величина лежит в пределах 1,5—

4, а для замкнутого 1,3—2,5. Для бридерной технологии⁵ энергоотдача оказывается близкой к 1, так что радужные перспективы ее внедрения, которые вдохновляли многих в конце 70-х — начале 80-х годов, оказались необоснованными. Возможно, потребуется не одно десятилетие, прежде чем будет создана ядерная технология, способная разрешить топливную проблему.

В силу того, что в различных отраслях топливно-энергетического комплекса энергоотдача упала, расходы энергии на внутренние нужды оказываются сравнимыми по порядку величины с объемом ресурсов. Поэтому оценки по валовому показателю обманчивы. Это видно на примере ядерной энергетики на тепловых нейтронах, где объем топливных ресурсов в замкнутом цикле на первый взгляд кажется в 1,5 раза выше, чем в открытом. Однако оценка энергии-нетто показывает, что оба ядерных цикла, замкнутый и открытый, приблизительно эквивалентны и могут дать по 50—70 млрд т у. т.

Таким образом, необходим анализ энергетической стратегии с точки зрения энергоотдачи, поскольку он может существенно изменить оценки разных вариантов.

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Как известно, потребности человечества в энергии обеспечиваются сейчас в основном органическим ископаемым топливом, ресурсы которого ограничены. Несмотря на свои технические достижения, человечество, по существу, не вышло в энергетике из стадии собирательства. Как отмечает Вернадский в статье «Автотрофность человечества», «открытие земледелия, сделанное более чем за 600 поколений до нас, решило все будущее человечества... Благодаря земледелию он (человек.— В. А.) себя в своем питании освободил от стихийной зависимости от живой окружающей природы, тогда как все другие организованные существа в этом отношении являются ее бессильными придатками»⁶. Таким образом, человечество живет сегодня в

⁵ О бридерах см.: К а з а ч к о в с к и й О. Д. Реакторы на быстрых нейтронах в атомной энергетике // Природа. 1980. № 2. С. 16—25; П е т р о в Ю. В. Гибридные ядерные реакторы и мюонный катализ // Там же. 1982. № 4. С. 62—72.

⁶ В е р н а д с к и й В. И. Автотрофность человечества // Труды биогеохимической лаборатории. Вып. 16. М., 1980. С. 239.

⁴ К е с с л е р Г. Ядерная энергетика. М., 1982. С. 116.



преддверии революции в энергетике, аналогичной той, что произошла несколько тысячелетий назад при переходе от собирательства к сельскохозяйственному производству.

За счет каких же ресурсов человечество обеспечит свою энергетическую автоτροφность? Ими могут быть ядерная энергетика с реакторами на быстрых нейтронах, термоядерная энергетика и возобновляемые источники энергии, прежде всего солнечное излучение.

Существует мнение, что низкая плотность потока солнечного излучения делает невозможным его использование для промышленных нужд. Этот аргумент часто используют в качестве обоснования чуть ли не принципиальной невозможности широкого развития солнечной энергетике. Но обратимся за советом к природе.

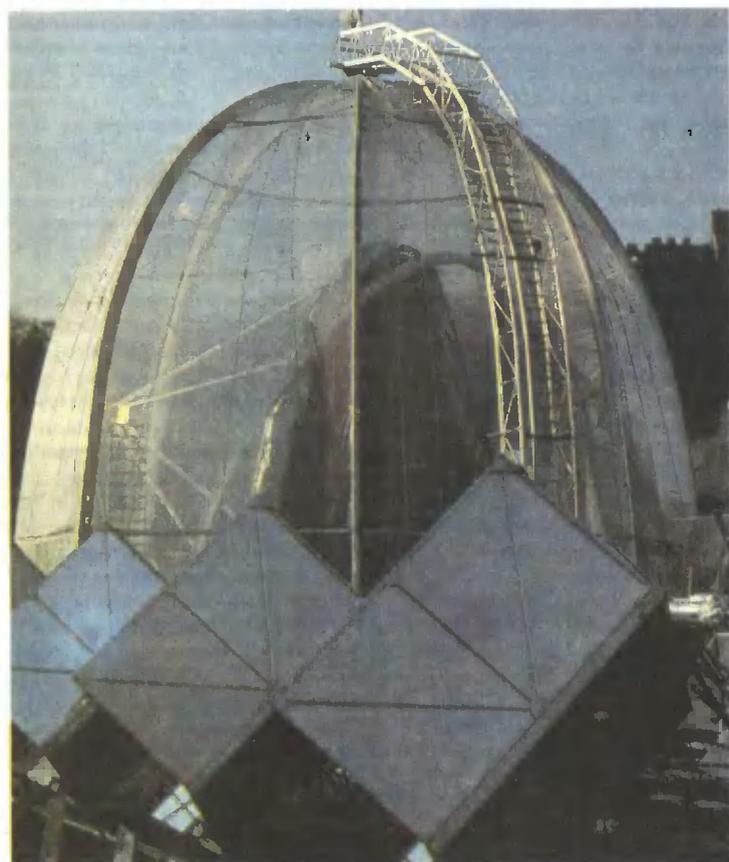
Благодаря фотосинтезу растения за время вегетации накапливают энергию в своих клетках в виде химических соединений. С другой стороны, травоядные животные, собирая эти химические вещества с некоторой площади, дополнительно концентрируют энергию внутри своего организма. В результате плотность потока энергии, переносимой, например, скачущей со скоростью $v=36$ км/ч лошастью, оказывается равна

$$(\rho v^2/2)v=5 \cdot 10^5 \text{ Вт/м}^2$$

($\rho=1000$ кг/м³ — плотность биологической ткани). Эта величина более чем на три порядка превосходит среднюю плотность потока солнечного излучения в тропиках (250 Вт/м²). В современных парогенераторах плотность потока энергии также в 100—1000 раз больше плотности потока солнечной энергии.

Когда хотят показать неэффективность солнечной энергетике, в качестве примера приводят станции башенного типа, в которых на поднятой над землей паровой котел солнечное излучение концентрируется с помощью гелиостатов, — экспериментальную станцию СЭС-5 в Крыму или «Солар-1» в Калифорнии. В СЭС-5 парогенератор расположен на башне высотой 89 м, площадь одного гелиостата равна 25 м². Стоимость гелиостатов составляет 80 % стоимости станции; 1 кВт установленной мощности для таких станций оказывается в 6—8 раз дороже, чем для обычных топливных станций.

Рабочий орган современных гелиостатов — тончайший металлический отражающий слой (около 0,3 г алюминия на 1 м² площади зеркала). Для придания такому слою нужной формы и ориентации используется (в расчете на 1 м²) до 10 кг стекла, 50 кг металлоконструкций и 1—3 т бетона. Все эти материалы выполняют единственную функцию — обеспечивают сопротивление



Различные типы солнечных электростанций, действующие сегодня в разных странах. На станции СЭС-5 в Крыму солнечное излучение концентрируется на испарительных панелях парогенератора, установленного на башне высотой 89 м (вверху). Каждый из 1600 гелиостатов представляет собой тяжелую конструкцию из стеклянных зеркал общей площадью 5×5 м (слева вверху). Концепция «центрального приемника» требует точной юстировки гелиостатов, а значит, использования сложных азимутальных и зенитальных приводов и автоматизированной системы управления ими. Однако если мы выбираем концепцию «распределенного котла», как это сделано на станции «Солар электрик дженерейшн» в Калифорнии (справа внизу), и каждое зеркало концентрирует свет на свою собственную трубку-приемник, станция оказывается значительно проще и дешевле. В этой системе с параболическими стеклянными зеркалами используются тепловые аккумуляторы, позволяющие запасать энергию на период до 1—2 сут. Приближение приемника (даже центрального) к зеркалу позволяет снизить требования к юстировке и заменить стеклянные конструкции планочными. В системе из полимерных пленок, созданной западногерманской фирмой «Бомин солар» (справа вверху) капитальные затраты снижены по сравнению с обычными в 10 раз. Если же до конца следовать логике биологических систем и перейти от термодинамического преобразования солнечной энергии к биоэнергетике, удастся не только уменьшить стоимость систем, но и получить возможность запасать энергию на несколько месяцев или даже лет. Это показывает, что солнечная энергетика должна быть построена на использовании станций разного типа.

ветровой нагрузке и устойчивую юстировку системы.

Аналогом солнечного преобразователя в биосфере является зеленый лист, который представляет собой тонкую пленку и выполняет не одну, а две функции: приемной антенны и аккумулятора. В этом случае в системе отсутствует центральный приемник и нет необходимости создавать жесткую механическую конструкцию.

Идея «распределенного котла» нашла свое выражение в станциях с концентраторами в форме параболических цилиндров. Преобразователь такого типа «Солар электрик дженерейшн» построен в Калифорнии. Издалека он напоминает ферму со множеством ирригационных каналов. «Каналы» представляют собой парабоцилиндрические зеркала, оси которых ориентированы по меридиану. Они концентрируют солнечную энергию на тонкие трубки в фокусе зеркал. Циркулирующее в трубках специальное масло нагревается до 290 °С. Дополнительный подогреватель, работающий на природном газе, доводит температуру масла до 415 °С, после чего оно перекачивается в термосы емкостью 3 млн л. Запасенного таким образом тепла хватает, чтобы в течение 6—7 ч (до 10 час. утра) приводить в действие парогенератор мощностью 13,7 МВт. Станция используется для покрытия пиковых нагрузок и потому рентабельна.

Поскольку трубчатый приемник в станциях с «распределенным котлом» расположен вблизи отражателя, регулировку зеркал и фокусировку на солнце можно осуществлять с меньшей точностью, чем обычно. Более низкие требования предъявляются и к качеству зеркал. Такой приемник не позволяет достигать очень высоких температур, так как не может обеспечить концентрирование энергии более чем в 30 раз, но зато дает возможность для изготовления зеркал использовать синтетические пленки, а для их крепления — легкие конструкции. Как показывает опыт фирмы «Бомин солар» в ФРГ, применение синтетических материалов для производства зеркал снижает их стоимость в 10 раз по сравнению со стандартной технологией.

Неравномерность солнечного излучения создает дополнительные трудности. Особую сложность представляют сезонные колебания. Растения аккумулируют солнечную энергию в химических соединениях и потому могут пережить неблагоприятное время. По-видимому, химическая энергия — наиболее подходящий аккумулятор и для искусственных преобразователей, по крайней мере сейчас. Представляется, что самый перспек-

тивный в этом отношении процесс — получение водорода. Это не только превосходное горючее, сжигание которого не загрязняет окружающую среду, но и ценный химический продукт.

Одним из возможных способов превращения солнечной энергии в химическую энергию водорода является электролиз воды. В лучших современных аппаратах для электролиза эффективность преобразования электрической энергии в химическую составляет 70 %.

Развивая солнечную энергетику, мы должны отказаться от распространенных техногенных стереотипов. В частности, КПД преобразователя энергии перестает служить основным показателем его качества. У электростанций, работающих на ископаемом органическом топливе, а также у АЭС с ростом КПД растет и энергоотдача, а вместе с ней улучшаются экономические показатели станции. Поэтому связывать степень совершенства электростанции с ее КПД стало естественным. Но для солнечных электростанций это, вообще говоря, неверно.

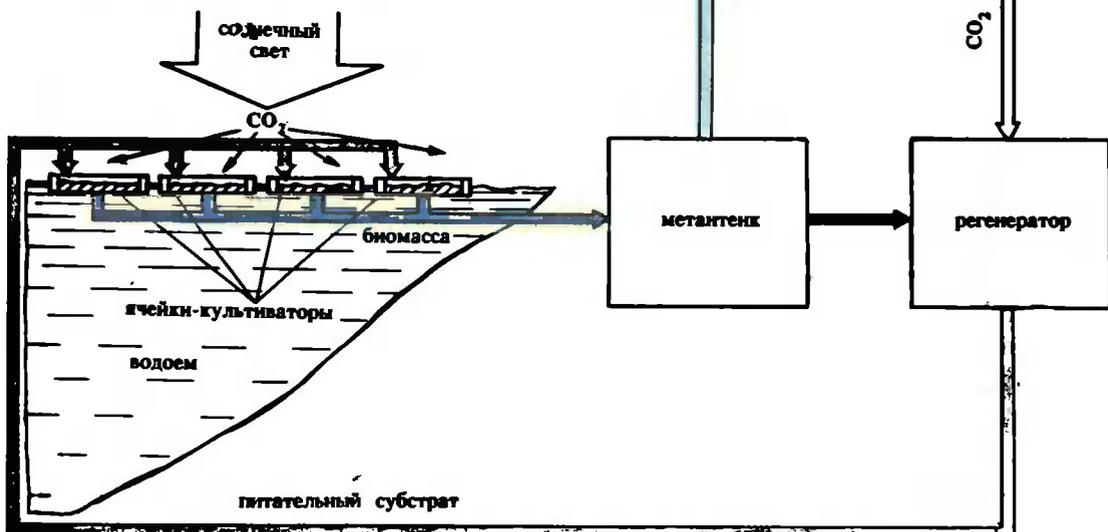
Термодинамические оценки показывают, что эффективность преобразования солнечного излучения в электроэнергию может достигать значительных величин — 90—95 %. Однако при высоких КПД значительная часть солнечной энергии, падающей на поверхность земли в районе расположения СЭС, будет изыматься, что приведет к сильному локальному понижению температуры и интенсивной конденсации паров в атмосфере⁷. Это, в свою очередь, будет препятствовать прохождению солнечного излучения. Таким образом, имеется естественный предел увеличения КПД для СЭС, расположенных на поверхности земли. Не исключено, что достаточно низкий КПД фотосинтеза, который характерен для растений, объясняется именно этим: живые организмы в процессе эволюции «предпочли» повышать эффективность использования энергии внутри организма, а не увеличивать КПД первичного преобразования до максимальных значений. Нетрудно оценить возможное понижение температуры ΔT , если в процессе преобразования будет изыматься некоторое количество солнечной энергии ΔJ : $\Delta T = T \cdot \Delta J / 4J$. Здесь J — поток падающего излучения, а T — температура поверхности земли (300 К). Очевидно, $\Delta J / J$ есть КПД преобразователя. Таким образом, при КПД 12—15 % (что реально достижимо, например, в современных преобразователях

⁷ Подробнее см.: Р ю т о в Д. Д. Солнечная энергетика и тепловое загрязнение атмосферы // Природа. 1990. № 2. С. 13—18.



Схема установки для био конверсии солнечной энергии в метан и другие углеводороды. Метод основан на выращивании микроводорослей в фотоблоках, расположенных на поверхности водоема, и последующем перебраживании биомассы в метан; КПД может составить 6—7%. Брожение идет в метантенках, перебродившая масса обогащается в регенераторе углекислым газом и очищается, после чего питательный субстрат возвращается в ячейки-культиваторы. При био конверсии солнечной энергии в углеводороды и спирты узким местом являются большие энергетические затраты на обеспечение фотоблоков достаточным количеством CO_2 . Чтобы достичь указанного КПД, т. е. получать с 1 м^2 поверхности 40 г биомассы в сутки, необходимо использовать весь углекислый газ, содержащийся в столбе воздуха высотой 100 м над фотоблоком. Включение в систему преобразования энергии тепловой электростанции (с ее выбросами углекислого газа) дает возможность замкнуть ее по всем элементам, в том числе и CO_2 . Если фотосинтезирующим агентом служит хлорелла, то в образующемся биогазе 80% составляет метан, 16% — углекислота, 2% — водород, 2% — азот и другие

газы. На фото — экспериментальный фотоблок, испытанный на Черном море в 1989 г. Его ячейки-культиваторы представляют собой плоские емкости высотой 20 см и размерами $1 \times 1 \text{ м}$, сделанные из армированной полиэтиленовой пленки. Блок выдержал 5-балльный шторм при скорости ветра до 20 м/с .



термодинамического типа) максимальное понижение температуры может достигать 9—12 К.

Для СЭС мощностью 1 млн кВт аномалия температуры затронет площадь 30—40 км². С учетом сглаживающего влияния соседних областей, по-видимому, температура понизится всего на 2—3К — примерно на такую же величину она повышается в местах расположения крупных ТЭС или АЭС. Интересно отметить, что небольшое локальное понижение температуры приведет к ослаблению вертикальных конвективных потоков и будет препятствовать формированию кучевой облачности, т. е. при невысоких КПД преобразования наличие СЭС будет способствовать устойчивости ясной погоды и, таким образом, улучшать условия работы.

Теоретические оценки показывают, что максимальный КПД реакции фотосинтеза, требующей около 8 квантов видимого света на каждую молекулу связываемого углекислого газа, составляет 15 %. Любопытно оценить энергоотдачу при производстве различных сельскохозяйственных культур. Оказывается, для большинства из них эта величина превышает 1, а для сахарного тростника или кукурузы, выращиваемой на силос, она составляет 4—4,5. Поэтому неудивительно появление проектов, связанных с использованием фотосинтеза для преобразования солнечной энергии.

Биомасса в качестве источника энергии используется с древнейших времен. Сейчас около 15 % первичной энергии производится из биомассы. В США на долю биомассы приходится 2,1 трлн МДж. Эта величина сравнима с вкладом атомной энергии (2,9 трлн МДж).

Если говорить о перспективах, то производство энергии с помощью фотосинтеза на суше вряд ли возможно: это потребует отторжения значительных площадей от сельского хозяйства. Например, при КПД фотосинтеза 2 % для производства 10 млрд т у. т. потребовалось бы почти 3 млн км² хороших земель, в то время как все агроэкосистемы мира занимают площадь 14 млн км².

Наибольшая продуктивность может быть достигнута при использовании в качестве фотосинтезирующего агента микроводорослей. Искусственно созданные системы с микроорганизмами позволят получить аналог нефте- и газообразования, превосходящий по скорости естественный процесс в 10⁸ раз. В средних широтах, где поток солнечной энергии составляет для чистой атмосферы 1900 кВт·ч/м² в год, с учетом типичной облачности при суммарной эффективности преобразования солнечной энергии

6 % можно получать ежегодно 1 млн т у. т. с площади 70 км². Таким образом, только с площади Туркменского залива Каспийского моря можно получать ежегодно 70—80 млн т у. т., что эквивалентно примерно 10 % газа, добытого в нашей стране в 1988 г.

Общий потенциал земного шара, если использовать только максимально благоприятные районы Мирового океана для биоконверсии солнечной энергии, позволяет получать ежегодно не менее 150 млрд т у. т., что в 15 раз превышает количество энергии, потребляемой сегодня человечеством.

Живой мир дает нам поистине необозримое множество примеров высокоупорядоченных и великолепно функционирующих структур. В рамках теории эволюции физических систем, для которых характерно неуклонное возрастание энтропии, долгое время оставалось непонятным, как формируется такая высокая организованность живой материи. Объяснение этому было найдено сравнительно недавно при изучении термодинамических ситуаций вдали от равновесия.

Дерзкая идея синергетики о том, что жизнь возникла в результате самоорганизации, стала выглядеть как обоснованная гипотеза, примиряющая неодоушленную материю и жизнь. В конечном счете эта гипотеза должна получить экспериментальное подтверждение и привести к полной разгадке молекулярной логики живого.

Строя техносферу в согласии с основными принципами этой логики (а не заимствуя из нее, как сейчас, лишь отдельные идеи и решения), нам, возможно, удастся не только решить энергетическую проблему или предотвратить дальнейшее обострение экологического кризиса, но и найти пути безопасного развития человеческой цивилизации в будущем.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ЭНЕРГЕТИКА МИРА (ДОКЛАДЫ XIII КОНГРЕССА МИРЭК). М.: Энергоатомиздат. 1989.

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. М.: Мир, 1979.

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ. Ч. 1 и 2. Новосибирск: Наука, 1985.

Брода Э. ЭВОЛЮЦИЯ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. М.: Мир, 1978.

БИОСОЛЯР. М.: Изд-во МГУ, 1984.

Экология

D. Tilman. PLANT STRATEGIES AND THE DYNAMICS STRUCTURE OF PLANT COMMUNITIES. Princeton. New Jersey: Princeton University Press. 1988. 360 p.

Д. Тильман СТРАТЕГИИ РАСТЕНИЙ И ДИНАМИКА И СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ. Принстон, Нью-Джерси: Принстон Юниверсити пресс. 1988. 360 с.

Чем отличаются растения от животных? Конечно же, тем, что всю жизнь коротают на одном месте, сунув «ноги» в почву и подставив солнцу «голову». У животных, кроме возможности перемещаться в поисках пищи и спасаясь от опасности, и меню более разнообразно, причем у разных животных оно разное. Растения «едят» одно и то же — «минеральный суп» из почвы, углекислый газ из атмосферы и все это сдобиравают большим количеством энергии, которую черпают из солнечного света.

Молодой американский эколог Д. Тильман решил опровергнуть эту точку зрения и доказать, что и среди растений также есть разные способы добычи пропитания. В соответствии с этим растения распределены по экологическим условиям и обладают конкурентной способностью постоять за себя перед соседями.

Все бесконечное разнообразие экологических условий, которое складывается на равнине и в горах, Д. Тильман «свернул» в систему координат всего с двумя осями. Первую ось он назвал градиентом продуктивности. На одном полюсе оси — избыток света и острый дефицит ресурсов почвенного питания (пример — пустыня), а на другом, напротив, — дефицит света у поверхности почвы и избытие почвенных ресурсов (пример — лес). Вторая ось — градиент нарушения. На одном ее полюсе — полная защита растений от нарушений, на другом — неблагоприятные условия (из-за сильного вытаптывания, выпаса, механического повреждения растительности и т. д.).

В этой двумерной системе координат автор изучил «вкусы»

растений, выбрав признаки, которые особенно хорошо отражают условия: скорость роста, длительность жизни, место сохранения в растении запасов «на черный день», размер семян и т. д. После этого стало понятно, почему в одних и тех же или близких условиях похожи друг на друга растения, которые, строго говоря, никакого родства не имеют.

Оказалось, что при дефиците ресурсов «минерального супа» растения накапливают запасы в стеблях, а при благоприятных условиях — в листьях. С ухудшением условий уменьшается скорость роста. За сутки масса зеленых водорослей увеличивается в 1,4 раза, злака мятлики однолетнего — на треть, а пихты — всего на 3 %.

Автор объяснил всю эволюцию растительного царства как приспособление к ухудшающимся условиям. Чем пластичнее растение, тем шире пределы экологических условий, в которых оно может существовать, и надежнее это существование. Таким образом, автор отказался достраивать общее здание экологической науки и начал строить «свой дом». Порой его возражения коллегам могут показаться «ересью». Тем не менее и такой подход имеет право на жизнь. Современная плюралистическая наука с дискуссиями без победителей и побежденных терпима к «ереси». И. Пригожин вынес в заголовок одной из своих статей фразу «Мы только начинаем понимать природу». Книга Д. Тильмана — бесспорный шаг к этому пониманию.

© Б. М. Миркин,
доктор биологических наук
Уфа

История науки

П. М. Полян. ВЕНИАМИН ПЕТРОВИЧ СЕМЕНОВ-ТЯН-ШАНСКИЙ. 1870—1942. М.: Наука. 1989. 128 с. Ц. 30 к.

Первая научная биография известного географа В. П. Семенова-Тян-Шанского на-

чинается рассказом о его детстве и юности, работах в области статистики, краеведения и антропогеографии. Герой книги, сын знаменитого географа-путешественника П. П. Семенова-Тян-Шанского, был и его учеником. Особое место занимает описание совместной работы отца и сына Семеновых-Тян-Шанских над пока не превзойденным многолетним трудом «Россия. Полное географическое описание нашего Отечества», вышедшие тома которого продолжают оставаться настольными книгами современного географа.

С 1919 г. В. П. Семенов-Тян-Шанский работает над созданием первого в СССР Географического музея и руководит им почти 20 лет. В. П. Семенов-Тян-Шанскому принадлежит также новый метод построения карт, показывающих плотность населения, так называемых дэзиметрических карт (в переводе с греческого — «измеряющих густоту»). Наконец, блестящим достижением в области теоретической географии является книга «Район и страна», вместившая в себя принципы районирования и страноведения, введенные В. П. Семеновым-Тян-Шанским понятия «геогнозия» и «геософия».

Несмотря на видимые успехи и достижения, выдающийся ученый многие годы оставался в тени. Он скончался в блокадном Ленинграде в январе 1942 г. В настоящее время, пишет автор, не только не найдено многие публикации В. П. Семенова-Тян-Шанского, но опубликованы его воспоминания и другие интереснейшие материалы личного архива, но современной советской географической наукой утрачены и некоторые идеи, которые отстаивал ученый, например, целостное представление о ландшафте.

ДОЛГАЯ ГУБА: ИЗОЛЯЦИЯ ЕСТЕСТВЕННАЯ И ИСКУССТВЕННАЯ

Е. А. Нинбург
Ленинград



С КАЖДЫМ ГОДОМ взаимоотношения человека и природы становятся все более напряженными, подчас драматическими. Споры, возникающие вокруг острых экологических проблем, зачастую характеризуются важной особенностью. Если сторонники очередного «проекта века» оперируют понятиями производственной необходимости и экономических расчетов, их оппоненты — защитники природы — нередко строят свои возражения лишь на эмоциях, а не научных данных. Как бы благородны ни

были эти эмоции, увы, они не лучший аргумент. В самом деле, случись что неблагоприятное в природе, и мы уже готовы взвалить вину на антропогенное воздействие, забывая, что природные экосистемы не бывают совершенно стабильными, в них идут непрерывные естественные изменения. Очень важно отличать природные процессы от антропогенных.

Беда в том, что сделать это необычайно трудно. Особенно — для морских экосистем,

которые изучены намного меньше наземных. В этом отношении удачным модельным объектом оказалась Долгая губа Белого моря, изучение которой продолжается без малого 100 лет. В результате столь длительных исследований удалось разобраться не только в причинах своеобразия ее населения (именно это привлекло внимание первых исследователей), но и в том, как оно формировалось и какая судьба ждет его в будущем. При этом можно



Дрочные ворота в дамбе. Несмотря на наличие трех таких ворот, гидрологический режим Долгой губы существенно изменился. Водообмен между губой и прилегающим участком Онежского залива оказался затруднен, губа приобрела черты стоячего водоема.

Фото Е. А. Нинбурга.

достаточно четко разделить изменения, вызванные естественными (постоянное поднятие суши в этом районе) и искусственными (отделение губы от моря дамбой еще в прошлом веке) причинами. Полученные результаты особенно интересны на фоне не стихающих в нашем обществе дискуссий о возможном воздействии на природу морских дамб — уже построенных и тех, которые еще только проектируют некоторые горячие головы.

Долгая, или Глубокая, гу-

ба — обширный морской залив, который глубоко вдается в Соловецкий остров. Вдоль западного берега живописного залива, усеянного крохотными лесистыми островками, тянется старая монастырская дорога. На ее обочине стоит неказистый щит с надписью «Заповедная зона всесоюзного значения».

За что же удостоена Долгая губа столь высокой чести? Конечно, не за красоту: Белое море изобилует прекрасными видами, живописность пейзажа — здесь скорее правило, чем исключение. Дело в другом.

Обширная Воронка Долгой губы отделена от основной акватории Онежского залива двумя проливами — Северными и Южными Железными Воротами. Последний был в 1856 г. перекрыт искусственной дамбой, соединившей о. Соловецкий с о-вом Большая Муксалма

(склонность к дамбостроительству появилась, увы, задолго до нашего времени!). И без этого достаточно замкнутая Долгая губа оказалась еще сильнее изолирована от моря. Как и в Белом море, за Воронкой следует длинное, узкое и мелководное Горло, а за ним — Ковш со сравнительно большими глубинами, аналог бассейна Белого моря. Береговая линия Ковша в западной части изрезана множеством небольших заливов, по-северному — губ. Словом, и по общей конфигурации, и по соотношению глубин в разных частях акватории Долгая губа выглядит как миниатюрная и довольно точная модель Белого моря.

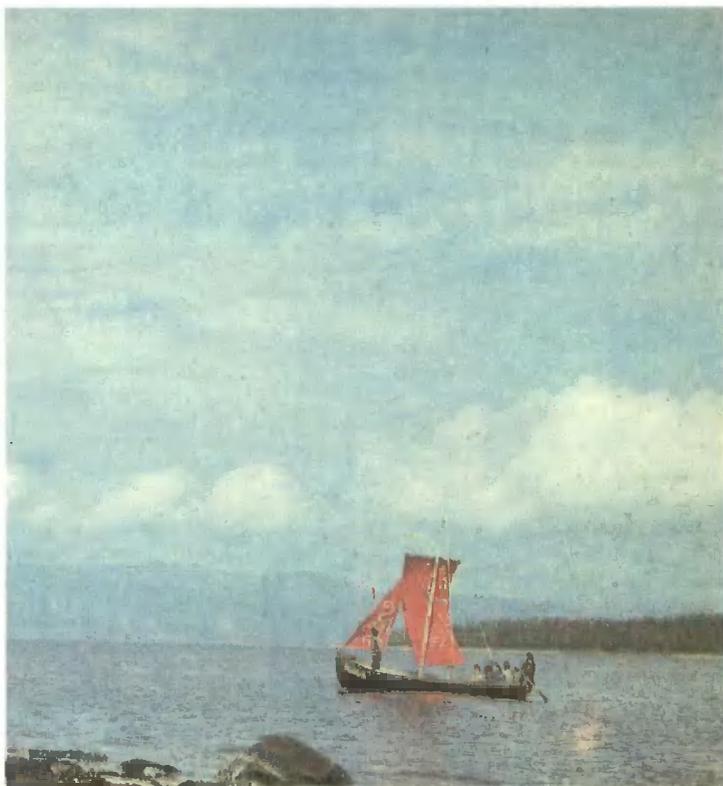
История изучения Долгой губы и ее населения начинается с конца прошлого века. В 1881 г. по инициативе профессора Петербургского универси-

тета Н. П. Вагнера на территории Соловецкого монастыря была создана первая в полярных водах России биологическая станция, развернувшая широкие исследования фауны Белого моря. Работали на станции в основном профессор, преподаватели и студенты Петербургского университета. В их числе был Н. М. Книпович, тогда — молодой зоолог, впоследствии — один из основоположников русской и советской гидрологии и гидробиологии.

Именно он в 1890—1892 гг. впервые исследовал фауну Долгой губы. Надо полагать, он был немало изумлен — ничего похожего на население окрестных вод! В губе встретились арктические моллюски *Portlandia arctica* и асцидии *Molgula citrina*, нигде в районе Соловков не найденные; другие арктические моллюски и асцидии в Долгой губе попадались чаще, чем в окружающих водах, и иногда были крупнее. Гидрологический режим губы тоже оказался сюрпризом. Если вообще в Белом море зона постоянной отрицательной температуры ($-1,4^{\circ}\text{C}$) начинается с глубины около 100 м, то в Долгой губе Книпович обнаружил такую же зону на глубине всего 17 м! Замкнутость губы в сочетании с крутыми склонами ям, разделенных мелководьями, приводит к тому, что верхний и нижний слои воды почти не перемешиваются. Если верхний летом прогревается, на дне ям температура не поднимается выше нуля круглый год. Потому-то, решил Книпович, там и сохранилась портландия и процветают другие виды арктического происхождения. Закljučая свою статью, он пишет: «...невольно является вопрос, не представляет ли *Yoldia arctica* (тогдашнее название *Portlandia arctica*. — Е. Н.) Белого моря уцелевший до нашего времени остаток когда-то широко распространенной высокоарктической фауны!»¹

В дальнейшем эта мысль неоднократно упоминалась в статьях и монографиях, посвященных населению Белого моря, но, к сожалению, в искаженном виде.

¹ Книпович Н. М. // Вестн. естествозн. СПб., 1893. С. 10.



Первым допустил неточность в 1911 г. известный зоолог Н. А. Ливанов: «Я охотно присоединяюсь к высказанному Н. Книповичем (1893 и др.) предположению, что здесь мы имеем дело с остатком когда-то более широко распространенной фауны, уцелевшей в специальных условиях Глубокой (Долгой) губы от ледниковых периодов»². Ливанов, может быть, и невольное, но говорит уже не только о виде *Portlandia arctica*, а обо всей фауне Долгой губы. Видимо, именно после статьи Ливанова искаженная мысль Книповича прочно поселилась на страницах многих работ, посвященных Белому морю, а фауна Долгой губы была надолго зачислена в арктические реликты. Казалось бы логичным — где у дна температура близка к нулю или ниже,

² Ливанов Н. Фауна Глубокой (Долгой) губы Соловецкого острова // Приложения к протоколам заседаний Общ-ва естествоисп. при Императорском Казанском ун-те № 268. 1912. С. 9.

Выход в море.

Фото Е. А. Нинбурга.

там и портландия, вид арктический. А уж заодно — арктична и вся фауна Долгой губы.

В 1926 г. в журнале «Соловецкие острова» была опубликована работа К. П. Чуднова «Глубокая губа и ее особенности», в которой автор описал выделенные им три зоны — литоральную, теплую сублиторальную и нижнюю холодноводную. Работа Чуднова не много прибавляет к уже имевшимся. Впрочем, винить его в этом не приходится: автор был заключенным Соловецкого лагеря особого назначения и, конечно, не располагал ни необходимым оборудованием, ни литературой. Как и Ливанов, он считал реликтовой всю фауну губы.

Как ни странно, видовой состав фауны Долгой губы по-прежнему оставался неизвестным. Ни один из названных гидробиологов не приводит сли-



В лаборатории.

Фото Ю. А. Бродского.

сков видов донных обитателей полностью, хотя все они, несомненно, располагали большим материалом. Между тем утверждение о высокоарктическом характере фауны и температуре как главном определяющем его факторе можно принять только после анализа как можно более полного видового состава.

Интересно, что и портландия оказалась не такой уж любительницей отрицательной температуры. По мере исследований бентоса Белого моря портландию обнаруживали при довольно высокой придонной температуре — 8—12 °С. Оказалось, что помимо температурного фактора важную роль в ее расселении играют донные осадки, в которых должна быть достаточно велика доля пелитов (глин).

Чтобы выяснить, так ли действительно арктична фауна

Долгой губы и так ли велика роль температуры в ее формировании, необходимы были более детальные данные о видовом составе бентоса. Именно поэтому в 1983 г. лаборатория экологии морского бентоса Дворца пионеров и школьников Кировского района Ленинграда под руководством автора этой статьи начала планомерное исследование бентоса Долгой губы. За пять полевых сезонов квалифицированные коллекторы-юннаты и студенты Ленинградского университета (при по-

стоянной помощи сотрудников Соловецкого государственного историко-архитектурного и природного музея-заповедника) собрали обширный материал со 103 дночерпательных и с 45 дражных станций, а также со 117 пробных площадей на литорали. В результате видовой состав фауны губы выяснен если не на 100 %, то очень близко к тому; кроме того, получены достаточно надежные количественные данные. В общей сложности в бентосе губы найдено 232 вида животных (немуртины и мшанки определены не полностью). Доля арктических видов оказалась ничуть не выше, чем в других районах Белого моря (см. табл.).

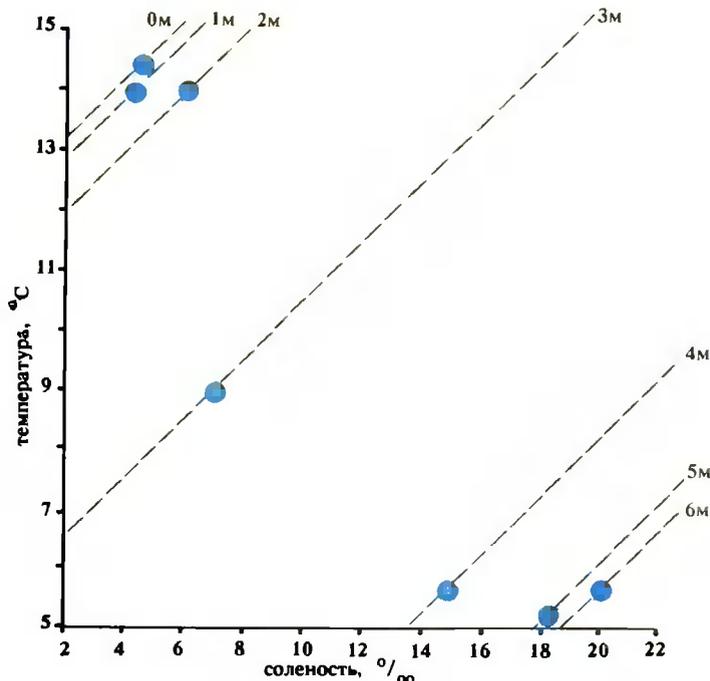
Любопытно, что в сравнительно тепловодной Вороньей губе доля арктических видов даже больше, чем в Долгой. Похоже, что вовсе не температура — главный фактор, определяющий видовой состав бентоса. Можно думать, что она не играет ведущей роли и при формировании экологической структуры донного населения: в общей биомассе бентоса Долгой губы арктические и арктобореальные виды составляют соответственно 22,4 % и 55,8 %, что довольно близко к аналогичным величинам, полученным для других мелководий Белого моря. Это означает, что арктические виды не преобладают и в большинстве биоценозов Долгой губы.

Что касается биоценозов, в которых доминирует портландия, то они, как и везде в Белом море, приурочены к дну ям, где в осадках преобладают пелиты и низка температура.

Происхождение фауны Долгой губы можно представить себе следующим образом.

Доля видов разных биогеографических зон в трех районах Белого моря, %

Виды	Долгая губа	Воронья губа (Кандалакшский залив)	Онежский залив
Арктические	21,5	26,2	25,6
Арктобореальные	51,9	48,2	45,9
Бореальные	21	20,4	24,8
Широко распространенные	5,6	5,2	3,7



Температура и соленость в Мертвом озере. Видно, что в нем два слоя воды: теплый и слабосоленый (до 2-метровой глубины), холодный и соленый — ниже 4 м.

Portlandia arctica и некоторые сопутствующие ей виды проникли в Белое море примерно 9—10 тыс. лет назад. В то же время или чуть позже они попали и в Долгую губу, Горло которой было тогда глубже и не представляло никакого препятствия для арктических вселенцев. Позже в результате регрессии моря обмелели и Горло моря, и Горло Долгой губы. Арктический комплекс видов во главе с портуландией сохранился до наших дней на глубинах бассейна и в «специальных условиях Долгой губы». Однако, судя по нашим данным, «специальные условия» — это не столько постоянная отрицательная температура, сколько преобладание пелитов в осадках и слабое перемешивание воды в изолированных ямах. Ведь в уже упоминавшейся Вороньей губе процветает популяция портуландий на глубине 4—12 м при температуре не ниже 6,6 °C (дан-

ные летних наблюдений 1974—1984 гг.).

Более теплолюбивые виды появились в Белом море позже — примерно 7 тыс. лет назад. Для них не существует никаких гидрологических барьеров, и нет оснований считать, что их популяции в губе изолированы от популяций тех же видов за ее пределами, хотя из-за особенностей рельефа дна проливы Железные Ворота и Горло могут затруднять межпопуляционный обмен.

Можно ли представить, что ждет Долгую губу и ее обитателей в будущем? В деталях, разумеется, нет. Для прогнозирования же общего направления изменений, которые произойдут в ближайшее время, у нас сейчас вполне достаточно данных.

Поднимая на борт пробы грунта со дна крутых ям с холодной (около нуля и ниже) и соленой водой, зачастую мы чувствовали явственный запах сероводорода. Сероводород был отмечен и на дне сравнительно неглубоких прибрежных губ ковшового типа. «Ил с большим количеством сероводорода» на дне некоторых ям южной части Долгой губы упоминали еще Ливанов и Чуднов. К сожалению,

они не привели никаких данных о населении сероводородных участков дна, что побудило нас специально заняться его изучением. Оно оказалось крайне бедным и качественно, и количественно. Так, драгировка в ковшовой Вороньей губке принесла всего 10 видов бентоса, тогда как каждая драгировка в Долгой губе содержала в среднем 26,6 вида. Если биомасса бентоса на чистом грунте составляла в губе $72,5 \pm 35,5$ г/м², то на сероводородном — $1,82 \pm 1,66$ г/м². Разница существенная.

Из-за постоянного поднятия суши (в районе Соловков его скорость чуть больше 1 мм/год) Воронья губка и другие, ей подобные, со временем отделятся от моря и превратятся в реликтовые соленые озера. Одно такое озеро мы обнаружили в 1987 г. у западного берега мыса Карбасный наволоок. Площадь озера невелика — немногим более гектара, максимальная глубина 7 м. Верхний двухметровый слой воды сильно распреснен (соленость около 5 ‰) и населен пресноводными видами: личинками стрекоз *Aeschna grandis*, ручейников *Phryganea* sp. и *Limnophilus vitatus*, комаров семейства *Chironomidae*. Кроме того, здесь встречены обитатели солоноватых вод — трехиглая и девятииглая колюшки — и единичные экземпляры морского эвригаллиного (способного жить в воде разной солености) брюхоногого моллюска *Hydrobia ulvae*. На глубинах 3—7 м, в слое значительно более соленой и холодной воды с резким запахом сероводорода, ни одного живого существа мы не нашли. В донных осадках озера встречаются остатки раковин морских моллюсков и хорошо сохранившиеся домики морских многощетинковых червей *Pectinaria*. Значит, еще недавно озеро, названное нами Мертвым, соединялось с Долгой губой. Скорее всего, морская вода фильтруется через узкую перемычку в озеро и в настоящее время.

Чуднов упоминает находящееся в южной части губы озеро «У Корята», сообщаящее с морем узким (не более 1 м) естественным каналом. Если озеро «У Корята» и

Мертвое озеро — одно и то же, то оно отделилось от моря не раньше 1925—1926 гг. К сожалению, проверить это пока невозможно — за бурную историю Соловков в XX в. значительная часть топонимов архипелага утрачена.

Мертвое озеро напоминает знаменитое Могильное на о-ве Кильдин в Баренцевом море — реликтовое соленое озеро с изолированными популяциями ряда морских видов. Интересны, однако, отличия. В Могильном три слоя воды: верхний — пресный, населенный пресноводными видами; средний — соленый, в котором обитают морские животные и растения, и, наконец, нижний — сероводородный, абсолютно безжизненный. Два последних разделены тонким слоем воды, населенным пурпурными бактериями, которые, используя сероводород для фотосинтеза, не дают ему проникнуть наверх. Поэтому-то в среднем слое и могут жить морские организмы. В Мертвом озере пурпурных бактерий нет, слоев воды всего два, причем нижний непригоден для существования каких-либо аэробных организмов. Малый размер озера не оставляет никаких надежд на возможность существования в нем изолированных популяций отдельных видов. Очевидно, что у всех прибрежных ковшовых губ одна судьба — превратиться в озеро типа Мертвого. Надо думать, что донное население исчезнет в них еще до полного отделения — оно и сейчас крайне бедно.

Позже обособится от моря и весь Ковш Долгой губы. Самое мелководное место в ней — Горло, которое образует порог глубиной 4—6 м. Стало быть, не позже чем через 4—6 тыс. лет Ковш станет реликтовым озером, напоминающим Могильное. Из-за малой площади водосбора и незначительного пресного стока формирование пресного слоя воды будет идти в

нем медленно, как и заселение пресноводными видами из окрестных озер. Можно полагать, что бентос нового — Долгой — озера несколько обеднеет. Исчезнут течения, что приведет к сокращению числа видов-фильтраторов. Менее требовательные к силе течения и обилию кислорода виды-детритофаги (животные, питающиеся органическими остатками в грунте) сохранятся. Величина акватории Ковша такова, что позволяет рассчитывать на сохранение популяций многих видов, несмотря на их полную изоляцию от сородичей в море.

Конечно, прогноз наш можно считать вероятным только при условии, что поднятие суши будет продолжаться. Все это — естественный процесс. Повлияла ли на ход этого процесса постройка дамбы? Если да, то как?

Анализ полученного нами видового списка дал неожиданный и весьма любопытный результат. Ряд видов, отмеченных Книповичем, Ливановым и Чудновым, мы не обнаружили. Часть из них, разумеется, мы могли случайно и пропустить. Однако не все же! И вот почему. Шесть из этих видов Книпович называет обычными или даже обильными, седьмой обычен в Долгой губе, по словам Чуднова. Маловероятно, что, располагая в настоящее время материалом, равным (если не превосходящим) по объему материалам всех предыдущих исследователей, вместе взятых, мы могли пропустить отнюдь не редкие виды. Логичнее предположить, что они если и не исчезли совсем, то стали чрезвычайно редки. Среди исчезнувших видов морские ежи *Strongilocentrotus droebachiensis*, офуры *Orhiphopholis aculeata* и плеченгие *Hemithyris psittacea* предпочитают в Белом море участки с сильными придонными течениями. Возможно, что таковы же вкусы и остальных видов, но о

них мы пока слишком мало знаем. Очевидно, постройка дамбы сделала гидрологический режим губы более «озерным», привела к ослаблению силы и замедлению скорости течений. Влияние дамбы сказалось далеко не сразу. Первые десятилетия эти виды бентоса еще существовали, затем их численность стала уменьшаться и, наконец, они исчезли полностью.

По чистой случайности изменения в бентосе Долгой губы, вызванные антропогенными (дамба) и естественными (поднятие суши) причинами, совпадают по направлению. Скорость процессов, однако, различна. Выпадение из фауны губы ряда видов реофильных (приспособленных к богатой кислородом проточной воде) животных удалось заметить примерно через полторы сотни лет после появления дамбы. Природе для достижения того же эффекта понадобились бы тысячелетия.

Не ждет ли подобная судьба и многих обитателей Невской губы? Не приведет ли появление «защитных сооружений», как стыдливо именуют сегодня ленинградскую дамбу, к гибели много большего числа видов — ведь крутых и глубоких ям, на дне которых изменения гидрологического режима не так заметны, в Невской губе нет? Не надо быть пророком, чтобы предположить, что ответы могут быть только утвердительными...

А уж о том, что ждет обитателей Азовского моря, если для его спасения от осолонения водами Черного моря будет построена дамба через Керченский пролив, — страшно и подумывать.

Простим монахам Соловецкого монастыря. В середине прошлого века, соединяя дамбой Соловецкий остров с Муксалмой, они не ведали, что творили. Мы же в конце XX в. ведаем. Зачем же продолжать творить?



РУБИН

С. Ф. Ахметов,
кандидат геолого-
минералогических наук
Г. Л. Ахметова,
кандидат технических наук
Всесоюзный научно-
исследовательский институт
синтеза минерального сырья
г. Александров

ЕЩЕ древние тамилы — жители Юго-Восточной Азии — обратили внимание на сероватые непрозрачные камни, которые отличались чрезвычайной твердостью. Их называли «корундам», что по-тамилски и означает «твердый». Отсюда пошел распростра-

ненный минералогический термин «корунд». Позднее прозрачные красные корунды стали именовать рубинами, синие — сапфирами. В древних свитках Торы указано, что на эфуде первосвященника в числе других камней сияют оден и шаппир. Современные издания Торы и Библии трактуют эти термины как рубин и сапфир¹. Однако советский минералог Г. Г. Леммлейн убедительно доказал, что древние евреи называли «кодемом» не рубин, а сердолик². Точно так же термин «шаппир» относился не к сапфиру, а к лазуриту. Можно предположить, что на Синайском п-ве в IX в. до н. э. (время создания Торы) драгоценных корундов не знали.

¹ Библия. Исход. Гл. 28. С. 15—20.
² Леммлейн Г. Г. Минералогические сведения, сообщаемые в трактате Бируни // Бируни. Собрание сведений для познания драгоценностей (минералогия). М., 1963. С. 320.

Рубин из метаморфических пород. Бирма. Размер кристалла 3,8 × 3,8 см.

Прошло много веков, прежде чем в другой священной книге — Коране — появился подлинный рубин. В нем райские гурии описаны такими словами: «Они — точно йакут и марджан» (сура 55, аят 58). Йакут и есть рубин.

В средневековой Руси рубины и сапфиры были известны под названием «яхонт». Вот как образовался этот термин: латинский «гиацинтус» (цветок и камень пурпурно-красного цвета) — греческий «йаксинтос» — персидский «йакунд» — арабский «йакут» — славянский «яхонт». Старинный русский лечебник советует: «Аще кто яхонт носит в перстне при себе, тот и скрепит сердце свое, и в людях честен будет».

Корунд состоит всего из двух элементов — алюминия и



Кристаллы рубина в цизите. Танзанья. Размеры кристаллов 9×6 см.

кислорода. Кристаллографы для наглядности изображают их ионы в виде шариков (радиус иона кислорода — 138—142 пм, алюминия — 53 пм). Каждый шарик алюминия собирает вокруг себя шесть кислородных шариков, образуя в результате октаэдр. Такие восьмигранные фигуры, соединенные то ребрами, то вершинами, и слагают структуру корунда. Чтобы получился не корунд, а рубин, каждый сотый алюмокислородный октаэдр должен заместиться хромокислородным (радиус иона хрома — 65 пм).

Обычно ионы хрома окрашивают минералы в зеленый цвет (изумруд, уваровит). Почему же они превращают корунд в огненно-красный рубин? Оказывается, в структуре рубина им тесно, и, расталкивая

ионы алюминия, они деформируют кристаллическую решетку. При этом свет поглощается преимущественно в красной области спектра.

Твердость рубина по шкале Мооса равна 9. По этому поводу Бируни писал: «Яхонт благодаря своей твердости побеждает остальные камни. Но алмаз его побеждает»³. И действительно, рубин — самый твердый после алмаза минерал. Вот основные его характеристики⁴: показатель преломления — 1,766—1,774, плотность — 3970—4050 кг/м³, дисперсия — 0,018.

В природных рубинах встречаются различные включения, служащие своеобразным «паспортом» самоцвета, — искусственные рубины бездефектны. Нередко коллоидные

и другие включения располагаются параллельно ребрам кристалла. В этом случае свет, проходящий через кристалл, собирается в пучки, пересекающиеся под углом 60°. Если этому камню придать форму кабошона (разрезанного пополам яйца или полусферы), в котором ось симметрии перпендикулярна основанию кристалла, свет отразится от него, создавая изображение шестилучевой звезды. Такие камни, называемые астериями или звездчатыми рубинами, очень привлекательны и высоко ценятся⁵. Некоторые тайландские рубины обладают отчетливой волокнистостью, связанной с включениями титаномагнетита. Для бирманских рубинов характерны тонкие игольчатые включения рутила.

Ценность самоцветов

³ Там же. С. 325.

⁴ Классен-Неклюдова М. В., Багдасаров Х. С. Рубин и сапфир. М., 1974.

⁵ Смит Г. Драгоценные камни. М., 1980.

определяется не только их ярким цветом и сильным блеском, но и сравнительной редкостью в природе. Вряд ли люди дорожили бы яхонтами, если бы на каждом шагу спотыкались об их глыбы. Камень уникален, значит, велик человек, увенчанный драгоценностью.

Кого в древности почитало племя? Конечно, жреца — идеологического лидера и вождя — лидера военного. Вождь, часто возглавляющий охотничьи экспедиции и военные походы, не отягощал себя многочисленными украшениями. Чтобы выделиться, ему хватало одного камня. Жрец малоподвижен и величав. Он может обвешаться драгоценностями, как елка сверкающими игрушками. Отсюда вытекает одно из первых практических применений рубинов и сапфиров в качестве предметов культа. В древних индийских книгах рубин и сапфир отнесены к девяти главным камням. Шумеры и хетты в глазницы каменных богов вставляли огненно-красные рубины. В санскритской литературе рубин посвящен Солнцу.

Второе древнейшее применение самоцветов — магия и медицина. Самоцветами не только украшали одежду и оружие, но и верили, что они защищают от болезней, опасностей. «Носи сапфир,— шептали знахари,— и тебя минует проказа. Купи яхонт червленый — и не будешь видеть лихих снов». Существовало поверье, что яхонт, подобно человеку, способен совершенствоваться: синий сапфир со временем обесцвечивается, становится белым, затем желтым, оранжевым и, наконец, самым дорогим — красным. А белый яхонт холоден и ночью собирает на себя воду (видимо, росу.— Авт.), которая лечит от лихорадки и меланхолии. Даже знаменитый средневековый врач Парацельс не был свободен от суеверий и предлагал лечить язвы рубином. А в Средней Азии еще недавно, в конце XIX в., считали, что яхонты вылечивают от чумы и эпилепсии.

С древнейших времен самоцветы, в том числе и рубин, применяли для изготовления печатей. Каждый знатный грек или римлянин имел печать,

которой оттискивал на воске свое имя или какую-то аллегорическую фигуру. Поначалу изображения на камне вырезались глубокие и давали выпуклые оттиски — горельефы. Сама печать имела форму кабошона. С появлением бумаги поверхность печати стала плоской. В качестве красящего материала часто использовали обыкновенную копоть. Печати вставляли в перстни или укрепляли в металлических брелках, которые носили на поясе вместе с ключами.

Кристаллы рубина могут достигать значительных размеров при безукоризненной чистоте и прозрачности. О подобных самоцветах слагались легенды. По свидетельству Бируни, один такой яхонт — «Джабал» («Гора») был вставлен в перстень. Камень имел желтоватый оттенок и совершенную прозрачность. Отец легендарного Харуна ар-Рашида купил его за 100 тыс. динаров. Весил же камень три мискаля, т. е. чуть более 13 г. Но этот огромный кристалл владыке Сарандиба (Шри-Ланка) показался бы дешевеньким пустячком, поскольку царь владел куском яхонта в виде рукоятки ножа, весившим 55 мискалей (почти 250 г). Ни один ювелир не осмеливался оценить такое сокровище. Не оплошал только ас-Сабах, придворный ювелир Харуна ар-Рашида. Он приказал четверем слугам взять за концы большое покрывало и растянуть его наподобие гамака. Затем, что есть силы, подобрал яхонт над покрывалом. «Цена яхонта,— сказал ас-Сабах,— равна тому количеству золота, которое нужно уложить от земли до места, куда долетел сброшенный камень». Не правда ли, придворный ювелир проявил находчивость в чисто восточном стиле? Интересно, что он сказал бы, увидев кучу рубинов, каждый весом в несколько килограммов. Такие монокристаллы выращивают на современных кристаллизационных установках.

В конце XIII в. Сарандиб посетил Марко Поло, и ему показали знаменитый яхонт, похожий на рукоятку ножа. Восторг известного путешественника был настолько велик, что он в несколько раз преувеличил

размеры камня. Вот что он пишет: «Во владении короля самый большой рубин, какой только видели когда-нибудь: длиною он в пядень, а толщиной в руку, блесит чрезвычайно и не имеет ни одного пятна. Он огненного цвета и такой дорогой цены, что нельзя и оценить его на деньги»⁶.

В настоящее время, согласно общепризнанной классификации советского геммолога Е. Я. Киевленко, рубины вместе с алмазами, изумрудами и синими сапфирами относятся к драгоценным камням I порядка. Цена их составляет в среднем 2000 долл. за карат. Отдельные рубины массой до 10 кар. стоят около 250 тыс. долл. Рекордно большие и прозрачные самоцветы являются национальным достоянием, имеют собственные имена. История их исчисляется веками.

Самый крупный бирманский рубин весил 400 кар. (из него было изготовлено три ограненных камня). К наиболее известным историческим самоцветам относятся: «Рубин Эдуарда» (масса 167 кар., хранится в Британском музее естественной истории в Лондоне), звездчатые рубины «Рива» (138,7 кар., Смитсоновский институт, Вашингтон) и «Де Лонга» (100 кар., Американский музей естественной истории, Нью-Йорк).

Известны случаи, когда самоцвет, считавшийся рубином, походил на него лишь внешне. Так, «Рубин Черного Принца», вставленный в британскую корону, и «Рубин Тимура», украшавший нагрудную цепь английских королей, оказались не рубинами, а шпинелью. В 1922 г. А. Е. Ферсман установил, что громадный красный кристалл в навершии Большой императорской короны также является благородной шпинелью.

Рубины образуются при гидротермальных и метаморфических процессах. Богаты красными самоцветами и россыпные месторождения. Особенно прославлены россыпи о. Шри-Ланка, который под разными именами был известен всему древнему миру. Его горы сложены ярко-красными гранитными порода-

⁶ Цит. по: Бируни. Собрание сведений... С. 292.

ми, а в гравии речных наносов юго-западной части острова находятся практически неисчерпаемые россыпи, содержащие рубины и сапфиры, хризобериллы и аквамарины, турмалины и аметисты. И все же лучшие в мире рубины добывают в Бирме, в 140 км к северу от г. Мандаля. Здесь самоцветы находятся в метаморфизованных известняках. Месторождения рубинов есть в Афганистане, Австралии, Бразилии, Камбодже и на Мадагаскаре. В Советском Союзе рубины обнаружены в 40-е годы: это месторождение Макару-Руз на Полярном Урале и небольшие проявления в пегматитах Памира⁷.

Природные самоцветы плохи тем, что рано или поздно их месторождения исчерпываются. В этой связи встал вопрос: нельзя ли получать рубин непосредственно из раствора или расплава?

Еще Бируни писал, что прозрачные минералы в своей основе — окаменевшие текучие жидкости. Перевод его «Минералогии» появился на Западе в начале XIX в. — минералог того времени, несомненно, ее знали. Можно предположить, что много из них запомнил рассказ о сокровищнице эмира Хосроя в Фарсе, где хранились золото, самоцветы, благовония и масла. И вот в него попадает молния. Гром, пламя взмывает до облаков! Стража и слуги не в силах погасить пожар. Безутешный Хосрой приказывает разгрести золу, чтобы собрать хотя бы расплавленное золото. И что же? На месте пепелища — сплошная плита из красного яхонта, которую образовали сплавившиеся самоцветы... Фантастика? Разумеется!

Но было в ней что-то, заставившее французского ученого М. Годэна задуматься. Он знал химический состав рубина, температуру его плавления (2300 К) и мог достичь ее с помощью водородно-кислородной горелки. И вот в 1869 г. он представил Французской академии наук коллекцию искусственных драгоценных камней, полученных на основе корунда. Здесь

были лейкосапфир (бесцветный корунд), а также сапфиры синего, зеленого и желтого цветов. Кристаллы размером 1—2 см имели сферическую форму. Годэн назвал их булями (в те времена во Франции увлекались игрой, в которой катали тяжелые шары — були). К сожалению, ценность искусственных самоцветов снижали многочисленные трещины и пузырьки. Кроме того, из-за сильных внутренних напряжений ограненные камни порой самопроизвольно взрывались. Казалось, до ювелирных корундов еще очень далеко... Но уже в 1891 г. другой французский ученый Q. Вернейль получил первые в мире крупные и прозрачные кристаллы рубина.

Вернейль значительно усовершенствовал горелку Годэна, а главное, существенно продвинулся в теории кристаллообразования. Во-первых, он понял, почему в булях возникают напряжения. Виновницей оказалась высокая теплопроводность корунда, вызывающая слишком резкий перепад температур между зоной роста и подложкой кристалла. Вернейль нашел остроумный выход: значительно уменьшил площадь контакта кристалла с подложкой. Теперь буля, как балерина, стояла на пуante и охлаждалась медленно. Трещин стало меньше.

Во-вторых, Вернейль расположил горелку вертикально, и смесь порошкообразных оксидов алюминия (глинозема) и хрома можно было сыпать сквозь поток кислорода непосредственно в пламя. В самой холодной части пламени помещался керамический штифт, игравший роль подложки. На нем капля за каплей собирался расплав. Пламя окружало керамический муфель, который защищал растущую булю от переохлаждения. Сквозь окно в муфеле можно было рассматривать растущий кристалл.

В-третьих, Вернейль весьма изящно решил проблему равномерной подачи шихты. Благодаря кулачковому механизму молоток равномерно постукивал по бункеру. Измельченный глинозем (размер зерна — несколько микрометров) проходил сквозь решетку и небольшими порциями сыпался в пламя горелки.

Кристаллизация длилась 2 ч. За это время вырастали були диаметром 5—6 мм и высотой 12—15 кар. В 1900 г. на Всемирной выставке в Париже наряду с прочими чудесами демонстрировались вернейлевские рубины. Все были потрясены: искусственные яхонты по цвету, твердости, блеску совершенно не отличались от природных собратьев. Спрос на них был весьма велик. Перед первой мировой войной Вернейль производил до 10 млн кар. рубинов и до 6 млн кар. сапфиров.

И ныне рубины проще всего синтезировать по методу Вернейля. Этим методом фирмы «Линде» (США) и «Джева» (Швейцария) получили звездчатые рубины и сапфиры. Их вырастили так много, что в соответствии с законами рынка цены резко упали.

Любопытная история с вернейлевскими рубинами произошла во время Великой Отечественной войны. В конце 1943 г. на московскую ювелирно-часовую фабрику поступил заказ на изготовление ордена «Победа», исходивший от самого Генералиссимуса, который приказал сделать орден из отечественных природных материалов.

В создании ордена «Победа», на который пошло драгоценных металлов, бриллиантов и рубинов на сумму 6,5 млн руб., участвовало много людей, в том числе И. Ф. Казеннов (1889—1969), известный ювелир-художник, мастер высочайшей квалификации. А с рубинами вышла закладка. Хотя Казеннов собрал их со всей Москвы, не то что пяти — двух одинаковых не нашлось. Все природные камни заметно различались по цвету. Что делать? ... И тут он принял единственно верное решение: использовать синтетические рубины, из которых можно было нарезать неограниченное количество заготовок одинакового цвета. Правда, эту тайну Казеннов хранил всю жизнь, лишь перед смертью открывшись одному из учеников.

В конце 40-х годов советские ученые В. И. Лихтман и В. М. Масленников изобрели новый способ кристаллизации. Они получили монокристалл олова, перемещая узкую рас-

⁷ Подробнее см.: Ахметов С. Ф., Ахметова Г. Л. Карбункулы, лалы и яхонты. Алма-Ата, 1984.



Булы рубинов (справа внизу) и сапфиры, выращенные по методу Вернейля.



Орден «Победа». Золото, платина, брильянты, рубины. Алмазный фонд СССР.

плавленную зону вдоль образца. Способ хорош тем, что в процессе роста кристалл становится чище, так как все примеси отталкиваются к его концу. После того как в 1952 г. американец Дж. Пфани разработал теорию зонной кристаллизации, способ стали применять для выращивания самых разных кристаллов.

Для кристаллизации корунда этим способом требовалась оригинальная аппаратура. В нашей стране за это дело взялась группа ученых Института кристаллографии им. А. В. Шубникова АН СССР под руководством Х. С. Багдасарова. Созданную установку назвали «Сапфиром», потому что первым кристаллом, выращенным на ней, был драгоценный лейкосапфир — прозрачный и бесцветный.

В камере «Сапфир», где получали неокрашенные корунды, поддерживался высокий вакуум. Однако для выращивания кристаллов рубина он не годился, так как при высоких температурах оксид хрома испаряется, как вода. Поэтому камеру стали заполнять инертным газом (аргоном, азотом), не дававшим хромофору улетучиваться. Пер-

вые рубины, выращенные в «Сапфире» за три дня, весили около 0,5 кг (толщина кристалла 1,5 см; ширина — 8 см; длина — 10 см). После модернизации установки вес кристаллов увеличился до нескольких килограммов. А бесцветные корундовые пластины достигли таких размеров, что их используют в иллюминаторах космических кораблей.

По ночам улицы многих городов освещают натриевые лампы, которые в 2,5 раза экономичнее обычных. Сапфировые трубки для этих ламп растут со скоростью 5 мм/ч в лаборатории Всесоюзного научно-исследовательского института электротермического оборудования, где получают профилированные кристаллы.

В начале 80-х годов сотрудники этого института разработали новую технологию выращивания искусственного корунда — лейкосапфира для получения профилированных кристаллов. В ее основе метод А. В. Степанова, позволяющий задавать форму растущему кристаллу. На промышленном оборудовании можно вырастить призмы и стержни различного

сечения, герметизирующие узлы, тигли и даже болты и гайки. Все эти монокристаллические изделия, не нуждающиеся в дополнительной обработке, применяются в металлургии, электронике, полупроводниковой технике, ювелирной промышленности, оптике.

В твердотельных лазерах сапфировые конструктивные элементы, выращенные по методу Степанова, на порядок увеличивают мощность, повышают КПД и срок эксплуатации. Раньше такие элементы вытачивали из одного кристалла сапфира алмазными резцами, и стоили они тысячи рублей, теперь — в тысячу раз дешевле.

«Зубы, как жемчуг», — говорят в народе. Ныне можно сказать: «зубы, как сапфир». В НПО «Монокристаллреактив» и Украинском институте усовершенствования врачей разработан новый способ протезирования, в котором используются монокристаллы сапфира, выращенные по методу Степанова.

Искусственные рубины, благодаря их твердости, применяются в абразивных порошках для огранки более мягких самоцветов. Общеизвестно и применение рубиновых камней в производстве часов. И все же для большинства рубин — прежде всего сияющий алый самоцвет с замечательным блеском.

Святилища медно-каменного века на юге Туркмении

Ю. Е. Березкин,
кандидат исторических наук
Ленинградское отделение Института археологии
АН СССР

МАЛОИЗВЕСТНАЯ ранее культура открыта благодаря совместным работам Каракумской экспедиции ЛОИА АН СССР и Южно-Туркменской комплексной археологической экспедиции АН ТССР. Раскопки под общим руководством В. М. Массона велись в 1986—1989 гг. в 250 км юго-восточнее Ашхабада, где расположен самый восточный из земледельческих оазисов, цепочкой протянувшихся вдоль северного подножия Копетдага. Над аллювиальной равниной, образованной паводковыми наносами, возвышается 14-метровый холм Илгыны-депе площадью 14 га. Он содержит культурные напластования V—IV тысячелетий до н. э. Исследования нами слою относятся к концу развитого и началу позднего неолита (медно-каменного века), т. е. ко второй половине IV тысячелетия до н. э.

Предполагается, что в те времена климат юга Средней Азии был более влажным, чем ныне, а горные реки — достаточно полноводны¹. Район, где находится Илгыны-депе, в прошлом орошали Чаача-сай и Меана-сай (сейчас, по мере исчезновения на Копетдаге древостоев архи, обе эти речки все больше мелеют; кроме того, после прокладки Каракумского канала традиционное ручьевое орошение в Туркмении стали

считать неперспективным). Вокруг Илгыны располагались поля; берега проток и каналов обрамляли тугайные заросли. Анализ собранных на поселении образцов угля свидетельствует об использовании по крайней мере 3—4 пород лиственных деревьев, ствол которых достигал не менее 10 см в толщину. В зарослях водились кабаны, чьи кости изредка попадаются в культурном слое поселения. В горах жители Илгыны-депе собирали съедобные плоды, в частности каркаса (*Celtis* sp.), косточки которых тоже обнаружены при раскопках.

Культура обитателей Илгыны-депе в общих чертах сходна с культурой других народов, населявших в VI—III тысячелетиях до н. э. территорию между Тигром и Индом. На орошаемых землях они сеяли ячмень и пшеницу, в степи пасли овец, коз и коров, охотились на диких копытных. Свои прямоугольные в плане постройки возводили из кирпича-сырца. Типичны были расписная керамика, терракотовые женские статуэтки, миниатюрные глиняные фигурки животных. Вместе с тем выявились неожиданные и совершенно оригинальные особенности культуры Илгыны.

Самая яркая деталь — низкие глиняные скамьи, окрашенные красной охрой. Они обнаружены нами внутри квадратных зданий, состоящих из просторного центрального помещения и четырех камерок по двум сторонам от него (таких комплексов, имеющих разную сохранность, раскопано уже восемь). Скамей в главной комнате обычно две, реже — одна



Керамическая статуэтка, найденная в подсобном помещении одного из святилищ.

Здесь и далее фото автора.

или три. Ширина их 40—50 см, а длина иногда достигает 4—5 м. Рельефо выделены декоративные ножки — это наводит на мысль, что прототипом глиняных сидений были деревянные. Самая длинная скамья ориентирована поперек основного помещения, дела его пополам. В правой части комнаты, куда ведет вход с наружной стороны здания, находятся один или несколько огромных расписных сосудов, предназначавшихся либо для зерна, либо, что вероятнее, для пива. Слева

© Березкин Ю. Е. Святилища медно-каменного века на юге Туркмении.

¹ Долуханов П. М. Аридная зона Старого Света в позднем плейстоцене и голоцене // Изв. Всес. Географ. об-ва. 1985. Т. 117. Вып. 1. С. 19.

Торец скамьи, покрашенной охрой; вверху слева — очаг-жертвенник.

Глиняный altarь в одном из святилищ. Справа — камень, которым «запечатали» вмурованный в пол большой сосуд после оставления святилища.

от скамьи — низкий круглый очаг-жертвенник диаметром метр и более, но центральная лунка-жаровня невелика — она вмещала лишь немного углей и быстро сгоравшие мелкие ветки. Пол, а часто и стены комнаты окрашены черной краской. Сочетание в интерьере черного и красного цветов, очевидно, призвано было вызывать сильный психологический эффект, особенно в полумраке при отблесках жертвенного огня.

Поражает не только внутреннее убранство зданий с красными скамьями, но и размеры их: центральная комната имеет площадь 40—50 м², что вдвое больше самого просторного помещения, раскопанного на поселениях III тысячелетия до н. э., и в 4—5 раз превышает средние размеры комнат эпохи бронзы. Арча, которую древние обитатели подгорной полосы Копетдага использовали для перекрытий, растет медленно. Деревья возрастом 600 и более лет достигают высоты 12—15 м, но стройные, пригодные в качестве строительного материала стволы — редки². Для перекрытия помещений в Илгынлы-депе требовались бревна длиной 5—6 м. Весьма вероятно, что лучшие экземпляры арчи систематически вырубались уже в энеолите, и, видимо, именно поэтому в III тысячелетии до н. э. помещения приходилось делать все более узкими.

Расположение и само устройство зданий с красными скамьями позволяют видеть в них святилища, принадлежавшие, скорее всего, большим семьям, состоявшим из нескольких поколений. Внутри святилищ каких-либо культовых предметов не найдено, но в подсобных помещениях и по соседству в



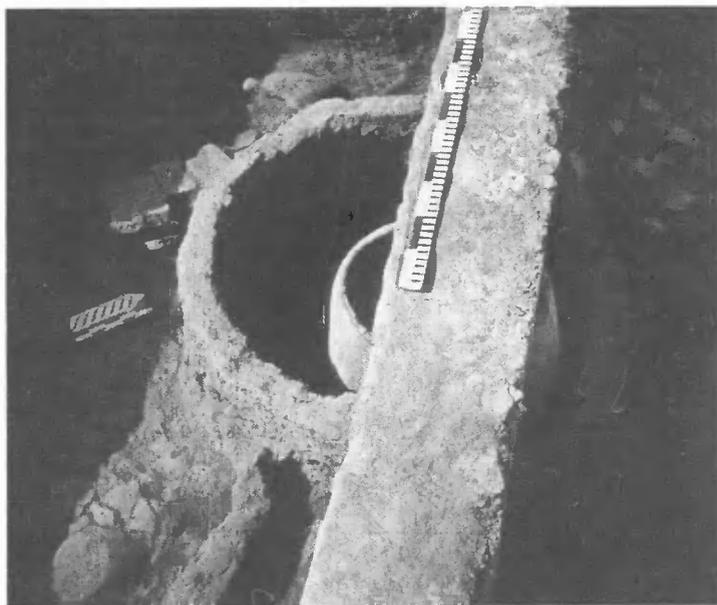
мусорных слоях обнаружены маленькие статуэтки-идолы из керамики и камня.

И в самих святилищах, и во дворах перед ними найдено много пряслиц — явное свидетельство того, что помещения эти были связаны с женским трудом. В одном из святилищ удалось расчистить своеобразный глиняный столик на 12 ножках, видимо, какой-то altarь.

Своеобразие культуры

Илгынлы проявляется и в других отношениях. Совершенно необычно, например, изобилие каменной скульптуры. Это женские статуэтки и даже статуи до полуметра высотой, зооморфные ступки, украшенные изображением головы быка или барана. В эпоху энеолита металл был редок, и пришедшие в негодность медные вещи старались пускать в переплавку. Что же касается Илгынлы, то здесь

² Проскуракова Г. М. Арчевники горной Туркмении и их охрана // Природа. 1977. № 5. С. 116—121.



поражает обилие медных ножей, кинжалов, булавок, оставленных в святилищах в качестве приношений или же сломанных и попросту выброшенных.

Многое в культуре Илгынылы остается загадкой. Так, в одном из рядовых помещений, среди стоящих на полу или вкопанных в него кухонных сосудов, найдены медные лезвия ножей или копий, поставленные остриями вверх. Пол другого помеще-

ния покрыт уложенными в ряд костями кулана и коровы. В третьем помещении более 60 костей домашних и диких копытных животных вкопаны или вбиты в пол так, чтобы их концы выступали наружу.

Ответшавшие святилища древними поселенцами обычно оставались с соблюдением сложных обрядов: скамьи засыпались землей (именно поэтому многие из них хорошо сохрани-

Хумы — большие сосуды для хранения припасов; нижней частью вкапывались в пол или грунт, сверху раскрашивались.

Круглая башня, возможно, служившая зернохранилищем. Вокруг найдено около 1 кг обугленных зерен голозерного ячменя — основной продовольственной культуры обитателей Илгынылы-депе, выращиваемой на поливных землях [ботаническое определение З. В. Янушевич].

лись), а некоторые, напротив, намеренно разрушались; в подсобных помещениях делали клады медных, каменных и костяных вещей и орудий.

В культурных слоях на Илгынылы-депе, относящихся ко второй половине IV тысячелетия до н. э., найдены глиняные колесики и редкие модели повозок. Это одно из древнейших в мире свидетельств существования колесного транспорта. Однако гончарного круга жители Илгынылы-депе не знали, в отличие от своих современников в Месопотамии и Белуджистане.

Несомненные достижения культуры Илгынылы в области изобразительного искусства, строительства, в разработке сложных ритуалов контрастируют с ее несколько монотонным, эгалитарным (от франц. *égalité* — равенство) характером. Погребения отличаются бедностью и однообразием инвентаря: глиняная чаша, костяная бусина, а часто вообще ничего. Святылища равномерно распределены по всему поселению. Отдельные домохозяйства специально выгораживали для себя узкие и длинные коридоры, по которым, видимо, удавалось добираться до края холма, не пересекая территорию соседей. Ввоз товаров ограничивался сосудами и, возможно, металлом, который на самом Илгынылы-депе, скорее всего, не выплавлялся. Золота, бус из полудрагоценных камней и прочих предметов роскоши нет совершенно.

Таким образом, перед нами — общество, уже готовое к усложнению социальной структуры, но еще на этот путь не вступившее.

Дети или внуки людей, чья культура исследована на Илгынылы-депе, покинули свое поселение и перешли жить на сосед-



Типичное для Илгылы-депе погребение второй половины IV тысячелетия до н. э.

Панорама раскопок на Илгылы-депе.



ний Алтын-депе, где в III тысячелетии до н. э. создали блестящую цивилизацию эпохи бронзы³. Нижние слои Алтын-депе по времени совпадают с верхними слоями Илгылы. В недрах Ал-

тын-депе, по всей вероятности, тоже скрыты святилища с крас-

³ Массон В. М., Кияткина Т. П. Человек на заре урбанизации // Природа. 1976. № 4. С. 32—47.



Уникальное вторичное захоронение останков семи человек. В позднем энеолите подобные захоронения устраивались в специальных склепах, а на Илгылы-депе кости, черепа и погребальный инвентарь (три керамические чаши) помещены в обычной грунтовой яме.

ными скамьями, но они недоступны археологам. В самом начале раскопок на Илгылы бросались в глаза различия между двумя расположенными рядом памятниками, но сейчас культурная преемственность от энеолита к эпохе бронзы становится все очевиднее. Так, в 1989 г. на Илгылы-депе было обнаружено коллективное захоронение: в яме диаметром 1,1 м лежали перемешанные останки семи человек. Подобные коллективные захоронения, но не в ямах, а в специальных склепах, становятся преобладающими в III тысячелетии до н. э. и найдены, в частности, на Алтын-депе. Предполагалось, что их появление связано с приходом на рубеже IV и III тысячелетий нового населения, однако находка коллективного захоронения на Илгылы-депе указывает на местные корни этого древнего обряда.

— О многовековой преемственности традиций говорят и терракотовые статуэтки. Хотя их силуэт и пропорции на протяжении 1,5 тыс. лет менялись, поразительно устойчивым оказался набор типов статуэток. Как



Такиры вокруг Илгынылы-дэпе; сейчас пригодны лишь для выпаса скота, а 5—6 тыс. лет назад здесь текли арыки и зеленели поля.

Жилое помещение с нишами в стене.



на Алтын-дэпе, так и на Илгынылы большинство фигурок изображает обнаженных женщин, на бедрах которых иногда нанесены геометрические знаки нескольких вариантов. Крупные и миниатюрные, эти фигурки использовались, очевидно, в

разных обрядах. Мужских статуэток всего 2—3%. Устойчивое сохранение статуарных типов предполагает преемственность в культах и верованиях. Пержитки подобных верований прослеживаются и до наших дней. В 1988 г. нам довелось услышать

в селении Чаача легенду о божестве-деве, проложившей ущелье, по которому с гор на равнину пришла вода. Обряды в честь подобной богини плодородия и совершались, вероятно, в обнаруженных нами святылищах эпохи энеолита.

МАГНИТНЫЕ МУРАВЕЙНИКИ

Ф. Б. Бакшт,

кандидат геолого-минералогических наук
НПО «Сибгео» Министерства геологии СССР
Красноярск

«Описание нравов и умственных способностей муравья заслуживает большой книги».

Ч. Дарвин

НЕСКОЛЬКО ЛЕТ назад наш отряд проводил геофизические исследования в одном из старых золотоносных районов — на Енисейском кряже к северу от Ангары. Рудная зона протягивалась по склонам невысоких (до 700 м над ур. м.) гор, заросших сосной, березой и неизменной для северной и горной тайги лиственницей. Съёмку было вести нетрудно — редкий подлесок, невысокая трава, отсутствие болот. Почва соответствовала ландшафту — обычная лесная, подзолистая, с небольшой хвойной подстилкой. Мощность рыхлых отложений, перекрывавших сплошным плащом древние кристаллические породы, не превышала 5 м.

Вскоре мы обнаружили, что участок понравился не только нам: его облюбовали и рыжие лесные муравьи рода *Formica* ex. Плосковерхие муравейники, почти всегда заселенные, встречались на склонах и вершинах гор, на сухих речных террасах. Их надземные купола обладали внушительными размерами — до 1,5 м в высоту и 2 м в поперечнике. Многие муравейники в лесу располагались кругами или по прямой. И нам вспомнилось предположение о приуроченности муравейников к кольцевым и линейным структурам, в том числе разломам земной

коры. А ведь почти все рудные зоны связаны именно с ними.

Наша работа сопровождалась детальным изучением физических, в том числе магнитных, свойств пород и руд. Основная магнитная характеристика любого вещества — магнитная восприимчивость, определяющая заметность магнитного вещества во внешнем магнитном поле и обозначаемая греческой буквой χ (каппа). Поэтому метод ее измерения называют каппаметрией, а прибор для этого — каппаметром.

Изучая намагниченность почв, мы обнаружили, что основания куполов встречавшихся на нашем пути муравьиных гнезд ощутимо намагничены. Еще более удивительным оказалось, что заметной магнитной восприимчивостью обладают не только нижние части муравейников (так называемый земляной вал), но и весь купол, вплоть до его уплощенной вершины. Магнитными были купола всех исследованных нами гнезд и на этом, и на других участках.

Правда, их магнитная восприимчивость сравнительно невелика — от $5 \cdot 10^{-5}$ до 2×10^{-3} (в единицах системы СИ), но практически такого же, как у окружающих почв (от $2,8 \times 10^{-4}$ до $2,1 \cdot 10^{-3}$ ед. СИ). Это намного меньше, чем у ферромагнитных минералов: магнетита (от 8,8 до 25 ед. СИ) или пирротина (1,3 ед. СИ). Но ведь у органического вещества, сла-

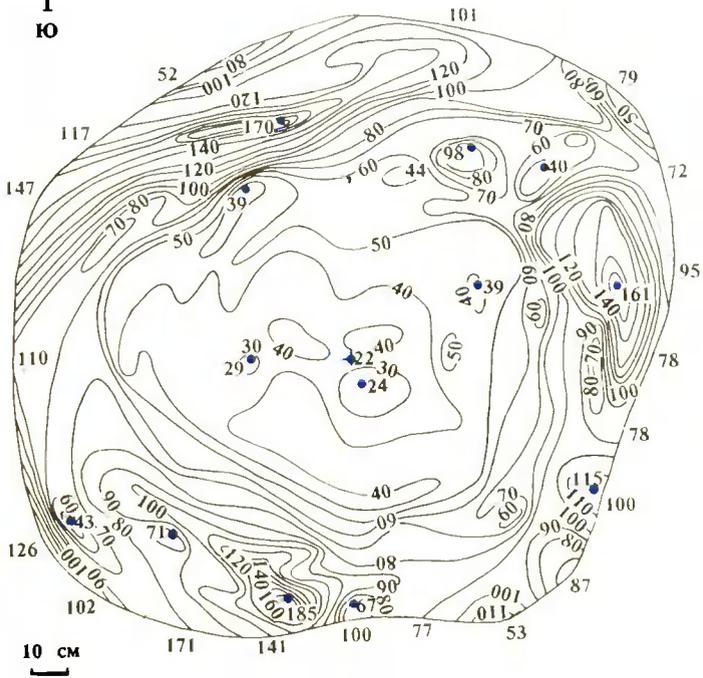
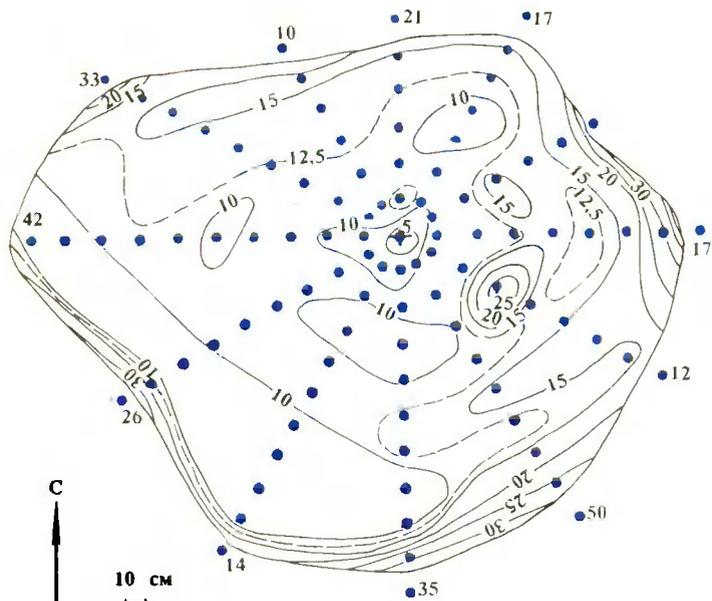
гающего купол муравейника, восприимчивость пренебрежимо мала. Даже у большинства неферромагнитных минералов она не превышает 10^{-4} ед. СИ, а у многих из них (кварц, полевой шпат и др.) и вовсе отрицательна. Именно эти минералы преобладают в почвах.

Таким образом, мы столкнулись с парадоксом: намагничено то, что не должно быть намагничено!

Обнаруженному нами явлению не находилось объяснения. В обширной мирмекологической литературе, насчитывающей тысячи статей и монографий, господствует точка зрения на состав куполов гнезд лесных муравьев, высказанная еще в 1905 г. известным казанским мирмекологом М. А. Рузским: «Материалом, слагающим конус и выполняющим воронку у *Formica* ex, служат исключительно сухие части и обломки травянистых растений или листьев деревьев...»¹ Правда, и сам Рузский, и его последователи не исключали «примеси земли, песчинок, минеральной фракции, почвы», но преимущественно в нижней части купола².

¹ Рузский М. Муравьи России. Систематика, география и данные по биологии русских муравьев. Ч. 1. Казань, 1905; Ч. 2. Казань, 1907.

² Сейма Ф. А. Строение надземного купола гнезда рыжих лесных муравьев // Муравьи и защита леса. М., 1967. С. 39—40.



Магнитная восприимчивость (10^{-3} ед. СИ) слабо намагниченного (вверху) и сильно намагниченного купола муравейника. У того и другого намагниченность увеличивается от вершины (показана крестиком) к подножию. У первого значения магнитной восприимчи-

вости меньше, чем у окружающих почв, у второго — больше. Кроме того, у «магнитного» муравейника существует несколько аномальных участков, видимо, свидетельствующих о сложной внутренней «архитектуре» сооружения.

Действительно, накопление минерального вещества в земляном вале происходит более интенсивно, чем в верхней части купола. Интересную особенность вала наблюдал еще в 1962 г. томский геолог А. Ф. Коробейников: он почти целиком состоял из черного золотосного магнетитового песка. Такие гнезда располагались на поверхности золотосных россыпей в горах Кузнецкого Алатау.

По свидетельству Геродота, еще в V в. до н. э. в древней Индии золото находили в муравейниках, что считалось признаком недалеких золотосных залежей. Современный индийский исследователь Е. А. Прасад отмечает, что в V в. н. э. в Индии термитные холмы служили признаком золотосных месторождений. В ряде работ этому исследователю удалось доказать, что в термитниках накапливаются рудные элементы, в том числе и магнитные окислы железа³. Известно, что в Зимбабве взятие проб в термитниках успешно используют при поисках золота. О муравьях, приносящих золото в свои жилища, упоминает уральский сказочник П. П. Бажов. Там же, на Урале, известны случаи накопления в муравейниках золотого песка.

Все эти факторы перекликаются с наблюдениями П. И. Мариковского, описавшего удивительную способность (или потребность?) рыжих лесных муравьев опознавать, находить, транспортировать и избирательно накапливать в муравейниках мелкие блестящие частицы различного происхождения: органического (хитиновые покровы насекомых), неорганического (самоцветы, стекло) и антропогенного (разноцветный бисер)⁴.

Но выходит, муравьи строят себе магнитные жилища! Не случайно ли это явление? Оказалось, нет. Об этом свидетельствует много данных, собранных нами в разных районах, «освоенных» муравьями. Были

³ Prasad E. A. V. et al. Significance of termite mounds in gold exploration // Carr. sci. 1987. Vol. 56. № 23. P. 1219—1222.

⁴ Мариковский П. И. Маленькие труженики леса. Красноярск, 1969.



Магнитный муравейник в светлом смешанном лесу (Восточные Саяны).

Фото автора.

исследованы муравейники в горной тайге Алтая, Кузнецкого Алатау и Восточных Саян, на болотистых берегах Васюгана (Среднее Приобье), в светлых борах Южной Сибири и в северной лиственничной тайге. И всюду жилища маленьких строителей намагничены в той же степени, что и окружающая их почва.

Почему же «магнитны» муравейники? Первое предположение об источнике магнетизма гнезд, заключенном в «живом» веществе самих насекомых, было сразу же отвергнуто: гнездо оставалось намагниченным и без муравьев. Намагниченность проб оставалась неизменной и при последующем анализе в лабораторных условиях.

Полевые исследования велись с помощью микрокаппа-

метра КТ-5с, изготовленного в г. Брно (Чехословакия), измеряющего магнитную восприимчивость на глубину до 6 см с точностью до 10^{-5} ед. СИ. Наблюдения проводились на поверхности купола по сетке с ячейками размером 5×5 и 10×10 см. По данным измерений были построены изолинии магнитной восприимчивости в круговой полярной проекции, представляющие собой петромагнитные модели купола. С учетом этих моделей в типичных куполах отбирались пробы для последующих геохимических исследований.

Всего в горах нами обследовано свыше 50 гнезд. По своей намагниченности они распределились на две группы: у слабо намагниченных восприимчивость составляла от 8×10^{-5} до $2,6 \cdot 10^{-4}$ ед. СИ, у сильно намагниченных — $(3,6-7,4) \cdot 10^{-4}$ ед. СИ.

Намагниченность куполов объясняется присутствием ферро- и парамагнитных минералов, тех же, что и в окружающей

почве. Вся неорганическая часть исследованных проб содержится в мелких частицах размером менее 1 мм и состоит из подстилающих почву обломков выветренных коренных пород, а также отдельных зерен многочисленных минералов, в том числе магнетита, лимонита, гетита, различных сульфидов, а также эпидота, турмалина, циркона и др. Общее содержание ферро- и парамагнитных минералов около 20 % веса минеральной фракции или 1 % веса всей пробы в целом. А этого вполне достаточно, чтобы обеспечить наблюдаемую величину магнитной восприимчивости.

Примечательно, что материал куполов обогащен магнитными минералами в 5—10 раз по сравнению с местной почвой, поскольку значения восприимчивости близки и у куполов, и у почв, а плотность различается почти в 7 раз ($0,3$ и 2 г/см³).

Химический состав «магнитных» проб, взятых из куполов, типичен для подпочвенных образований рудных регионов.

В них присутствует медь (до 0,003 %), свинец (до 0,001 %), мышьяк (до 0,01 %), молибден и др. Минералы с двухвалентным железом (лимонит, мартит, пирит) преобладают над магнетитом с трехвалентным железом. И во всех сравнительно «магнитных» пробах есть золото — до 0,04 г/т. В «немагнитных» пробах золота практически нет.

А что в других местах, удаленных от золотоносных гор на сотни километров? Там, в пределах Западно-Сибирской низменности (под Томском), где нам встречались такие же муравейники, почвы почти не содержат магнитных минералов. Поэтому и почвы, и муравейники немагнитны, их восприимчивость не превышает 10^{-4} ед. СИ.

Нами обнаружена еще одна любопытная особенность муравьиных жилищ: сложность их внутренней «архитектуры», отражающая неоднородность рас-

пределения в них минерального вещества. Намагниченность куполов повышается не только сверху вниз, но и с северо-запада на юго-восток. Все купола обладают ячеистой упорядоченной структурой, проявляющейся в концентрическом и спиральном расположении отдельных магнитных зон. Похоже, что структура связана с геометрией, с формой поверхности купола, а также с особенностями окружающего ландшафта. Связана, но как?

Пока на этот вопрос ответить трудно, как, впрочем, и на другие. Зачем муравьям нужно с большим трудом выбирать, извлекать, переносить и концентрически укладывать в свои постройки магнитные минералы? Не связано ли это со специфическими свойствами этих минералов?

Наконец, структура гнезда меняется во времени. Но как? Нужно изучать изменение на-

магниченности и геометрии купола по специальной координатной методике и в связи с изменениями среды...

В заключение отметим, что обнаруженное нами явление повышенной и упорядоченной намагниченности надземных частей муравейников можно использовать не только при поисках рудных участков. Оно открывает новые пути изучения «архитектуры» построек муравьев, а также связей насекомых со средой обитания. Известно, что муравьи являются важной и к тому же чрезвычайно чувствительной частью лесных, почвенных и вообще природных экосистем. Поэтому познание малоизвестных сторон их жизни с помощью точных методов открывает новые возможности для корректного решения ряда вопросов биомониторинга и экологии вообще.

ИНФОРМАЦИЯ

С 20 по 24 мая 1991 г. в г. Шиофокке —
одном из известнейших курортов на побережье оз. Балатон (Венгрия)
состоится

Международная конференция «РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В МЕТАЛЛАХ»,

организованная Будапештским университетом им. Р. Этвеша
и Московским институтом электронного машиностроения.

Работа будет проводиться по секциям:

- физика радиационных дефектов в металлах;
 - радиационные эффекты в приповерхностных слоях;
 - влияние облучения на структурно-фазовые изменения в металлах;
 - воздействие ионов высоких энергий на структуру и свойства металлов;
 - имитационные эксперименты;
 - компьютерное моделирование радиационных процессов в металлах;
 - влияние облучения на механические свойства металлов.
- Особое внимание предполагается уделить проблемам взаимодействия высокоэнергетических ($E \geq 1$ МэВ) ионов с металлами.

Рабочий язык конференции — английский.

Советским специалистам, желающим принять участие в работе конференции,
следует обращаться по адресу:

109028 Москва, Большой Вузовский пер., 3/12, МИЭМ, зам. председателя оргкомитета проф. Г. Г. Бондаренко.

А. О. Рувинский

Эволюция пола и происхождение многоклеточности



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

РАССМАТРИВАЯ основные этапы эволюции, нельзя не отметить такие важные вехи, как появление многоклеточных организмов и полового размножения. Мы не будем здесь останавливаться на тех бесспорных преимуществах, которые принесли с собой эти крупнейшие эволюционные события. Речь пойдет о том, связаны ли между собой эти значительные этапы развития живых организмов.

Многочисленные попытки понять, как возникли половой процесс и многоклеточность, до сих пор не увенчались успехом. Среди множества гипотез происхождения многоклеточности наиболее распространена версия возможного объединения одноклеточных организмов в колонии в результате нерасхождения клеток после каждого деления. Вероятность такого события не исключена даже у прокариот, например у миксобактерий. Образуют колонии и простейшие эвкариоты, например хламидомонады. Следующий эволюционный шаг — это постепенная специализация тканей, появление половых клеток, а затем и полового размножения.

Однако такой сценарий нельзя, видимо, считать окончательным. Дело в том, что половой процесс появился, вероятно, раньше, чем многоклеточность. Наша цель — попытаться найти определенную связь между возникновением полового процесса и многоклеточности. Однако прежде необходимо определить сам термин «половой процесс» как важный компонент жизненного цикла эвкариот, состоящий из таких неперенных элементов, как формирование клеток с полярными свойствами, их копуляция (слияние), мейоз и образование гамет. Нечто похожее наблюдается независимо и у прокариот — появление полярных свойств и конъюгация (соединение).

Однако, согласно современным представлениям, половой процесс впервые воз-

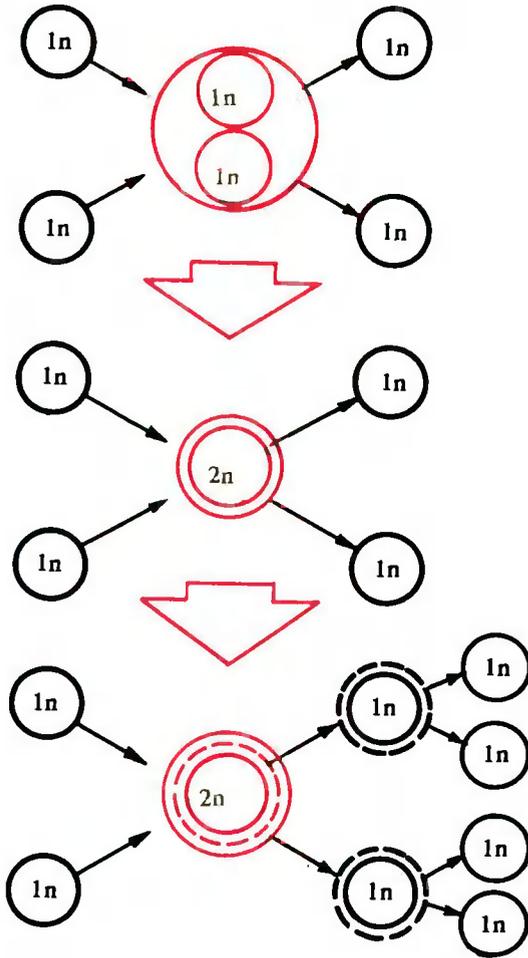


Схема эволюционного усложнения организации зиготы и формирования мейоза. 1 — копуляция гаплоидных клеток, образование двуядерной клетки, ее последующее прямое деление; 2 — копуляция гаплоидных клеток, образование диплоидной зиготы, простейшая форма мейоза [редукционное деление]; 3 — копуляция гаплоидных клеток, образование диплоидной зиготы с удвоенным числом хроматид, двухступенчатый мейоз [пунктирная линия обозначает удвоение ДНК].

ник у древних одноклеточных эвкарриот. Одним из аргументов в пользу такого утверждения служит, например, разделение всех простейших на две условные группы: обладающие и не обладающие половым процессом. Простейшие, не имеющие полового процесса, содержат одинарный — гаплоидный ($1n$) набор хромосом, а имеющие — диплоидный ($2n$). Значит, к началу формирования полового процесса жизнь

находилась, вероятно, на одноклеточном уровне и виды представляли собой совокупность клонов, состоящих из генетически идентичных особей.

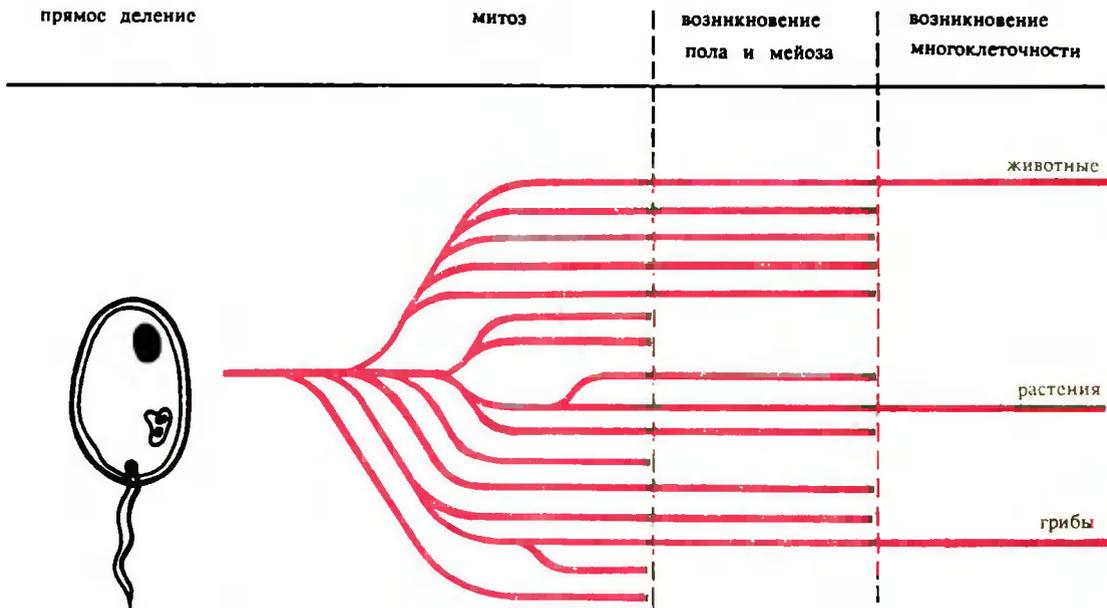
Итак, первым шагом в формировании полового процесса можно считать появление полярных свойств у клеток в исходной популяции простейших. Затем в результате слияния двух одноклеточных гаплоидных организмов образовались двуядерные клетки с новыми свойствами: у них увеличился объем клетки, изменилось отношение объема к поверхности. Такие клетки можно, по-видимому, считать предшественниками диплоидных: у многих грибов аналог (дикарион) сохранился до наших дней. Вероятно, подобные клетки получили некоторые преимущества в определенных условиях. Известно, что у многих существующих организмов клетка, возникшая при копуляции, используется для приспособления к неблагоприятным условиям.

Однако копуляцию еще нельзя рассматривать как первый этап полового размножения, поскольку при последующем делении численность исходных клеток только восстанавливается. Значит, вначале половой процесс не имел отношения к увеличению числа клеток, т. е. к размножению. Связь между ними возникла позже.

Следующим важным шагом было, очевидно, превращение двуядерной клетки ($1n+1n$) в одноядерную диплоидную зиготу ($2n$), а затем и появление мейоза, т. е. такой системы деления клеточного ядра, при которой число хромосом уменьшалось до гаплоидного. Ведь отсутствие механизма редукции увеличивало бы число хромосом в ряду поколений.

Итак, в процессе эволюции сформировался механизм, с помощью которого диплоидная клетка, мейотически делясь, образует гаплоидные клетки; они, попарно сливаясь, дают начало новым диплоидным клеткам. В ходе этого процесса возникает мощный источник наследственного разнообразия — комбинативная изменчивость, включающая в себя: рекомбинацию генов при кроссинговере, случайное расхождение (сегрегацию) хромосом в первом мейотическом делении и случайное сочетание гамет при копуляции. Значение комбинативной изменчивости для последующей эволюции чрезвычайно велико. По оценкам, до 95—99 % всей наследственной изменчивости видов, размножающихся половым путем, приходится именно на комбинативную изменчивость и лишь 1—5 % — на мутации, возникающие в данном поколении.

При анализе возможной эволюции по-



Эволюционное древо эукариот и вероятное время появления митоза, пола, мейоза и многоклеточности [Маргелис, 1983].

лового процесса и мейоза естественно возникает вопрос об их происхождении. Как ни странно, ему уделяется мало внимания, он почему-то не обсуждается ни в учебниках, ни в руководствах, ни в других сочинениях общего характера¹. Факты говорят, скорее, о полифилетическом, т. е. независимом, происхождении полового процесса и мейоза в разных царствах живых существ. Трудно представить, чтобы у древних примитивных эукариот (предков разных типов простейших и трех царств многоклеточных) уже существовал половой процесс и мейоз. Это маловероятно хотя бы потому, что у этих организмов еще формировался митоз, а хлоропласты, например, повлекшие обособление растений, появились позже².

Итак, в разных таксонах простейших одноклеточных эукариот половой процесс возникал независимо. Вся цепь событий (копуляция, образование диплоидного ядра и формирование мейоза) была индуцирована влиянием сходных³ условий среды и протекала под действием отбора³. Половой процесс предоставил одноклеточным

организмам дополнительную возможность переживать неблагоприятные условия, обеспечил резерв генетического материала (благодаря диплоидизации) и появление комбинативной изменчивости.

Однако значение полового процесса, видимо, этим не ограничивается. Думается, совершенно не случайно он был необходим для возникновения многоклеточности. И причина, вероятно, в том, что половой процесс открыл перед клеточными формами путь успешной эволюции. Другая умозрительная посылка состоит в том, что именно у многоклеточных организмов произошло наиболее эффективное соединение полового процесса и размножения⁴. Ведь во всех трех царствах многоклеточных (животные, растения, грибы), возникших независимо, исключительно редки формы, лишенные полового размножения. Конечно, существовали и другие предпосылки для перехода к многоклеточности (например, способность клеток к агрегации и совместному функционированию), но мы не будем их здесь рассматривать.

Поскольку многоклеточность у животных, растений и грибов формировалась независимо, пути ее становления могли быть разными. Для животных можно предположить довольно простую схему, допустив, что многоклеточность — это результат митотического размножения диплоидных клеток. В таком случае многоклеточность

¹ Иванов А. В. Происхождение многоклеточных животных. Л., 1968. С. 285.

² Маргелис Л. Роль симбиоза в эволюции клетки. М., 1983.

³ Догель В. А. Общая протистология. М. 1936.

⁴ Мясоедов С. В. Явление размножения и пола в органическом мире. Томск, 1935.

основная фаза жизненного цикла	тип редукции	наиболее типичные представители	процессы жизненного цикла
диплофаза	гаметный	животные	копуляция — мейоз — гаметы
гаплофаза	зиготный	грибы	копуляция — мейоз — гаметы
дипло-гаплофаза	споровый	растения	копуляция — мейоз — гаметы

Схема формирования многоклеточности в различных царствах живого. Одинарная линия соответствует гаплоидному состоянию, двойная — диплоидному. Прерывистость линий указывает на смену клеточных поколений.

у животных — не что иное, как своеобразная онтогенетическая вставка между диплоидной зиготой и последующим мейозом. В онтогенезе любого многоклеточного животного так и происходит: зигота как бы размножается бесполом путем, в результате чего формируется многоклеточный организм. Конечно, здесь возникает вопрос о причинах, удерживающих клетки вместе. Ответа на него пока нет.

Таким образом, диплоидную вставку между зиготой и мейозом можно рассматривать как достаточное, а способность клеток к адгезии (сцеплению) как необходимое условие возникновения многоклеточности. Возможность такого механизма рассматривалась и ранее, однако при этом не учитывалась принципиальная связь многоклеточности и полового процесса⁵.

Необходимо подчеркнуть, что лишь часть клеток многоклеточного организма в дальнейшем претерпевает мейоз, который в данном случае является гаметным, поскольку приводит к образованию гамет. В результате возникновения многоклеточности обособливаются генеративный и соматический пути.

Нетрудно допустить и иной путь образования многоклеточности — размножение гаплоидных клеток после мейоза и появление гаплоидного организма. Мейоз в этом случае будет зиготным, поскольку его функция — редукция диплоидной зиготы. Такая форма многоклеточности наблюдается у грибов (например, у некоторых аксомицетов), хотя встречается и у низших растений.

Возможна и комбинация этих схем. В таком случае в ходе онтогенеза происходит смена гапло- и диплофаз. Примером

реализации подобной возможности служат растения, в частности папоротникиобразные (в этом случае мейоз носит споровый характер, поскольку приводит к образованию спор). У растений в ходе прогрессивной эволюции роль диплофазы (спорофита) постепенно возрастала, вплоть до почти полного вытеснения гаплофазы (гаметофита).

Исключительную важность эволюционного скачка, свершившегося при переходе от одноклеточных к многоклеточным, подчеркивал А. Вейсман. Он писал, что тело многоклеточного организма «стареет и, в конце концов, не может дальше жить, одноклеточные же не стареют, и у них нет естественной смерти, входящей в нормальный цикл развития особи. Таким образом, естественная смерть есть приспособление, появившееся относительно поздно в развитии мира организмов, приспособление, которое мы, до известной степени, можем понять с точки зрения целесообразности.

Одноклеточных отделяет от многоклеточных появление физиологической, т. е. естественной, смерти. Этой истины не опровергнут никакие софизмы... Тот факт, что естественная смерть появилась лишь вместе с противоположением тела зародышевым клеткам, рано или поздно добьется своего признания. Только тогда, когда бессмертие тела сделалось для вида безразличным, тело могло выработать такую высокую организацию, что вследствие этого подпало смерти»⁶.

Следовательно, возникновение многоклеточности тесно связано с выделением зародышевого пути и появлением физиологически запрограммированной смерти сомы. По сути, деятельность любой клетки тела, кроме генеративной, в той или иной степени направлена на приспособление организма к условиям существования и размножения. Генеративные клетки, напротив, обеспечивают непрерывную генетическую

⁵ Захваткин А. А. Сравнительная эмбриология низших беспозвоночных. М. 1949.

⁶ Вейсман А. Лекции по эволюционной теории. Пг, 1918. С. 357.

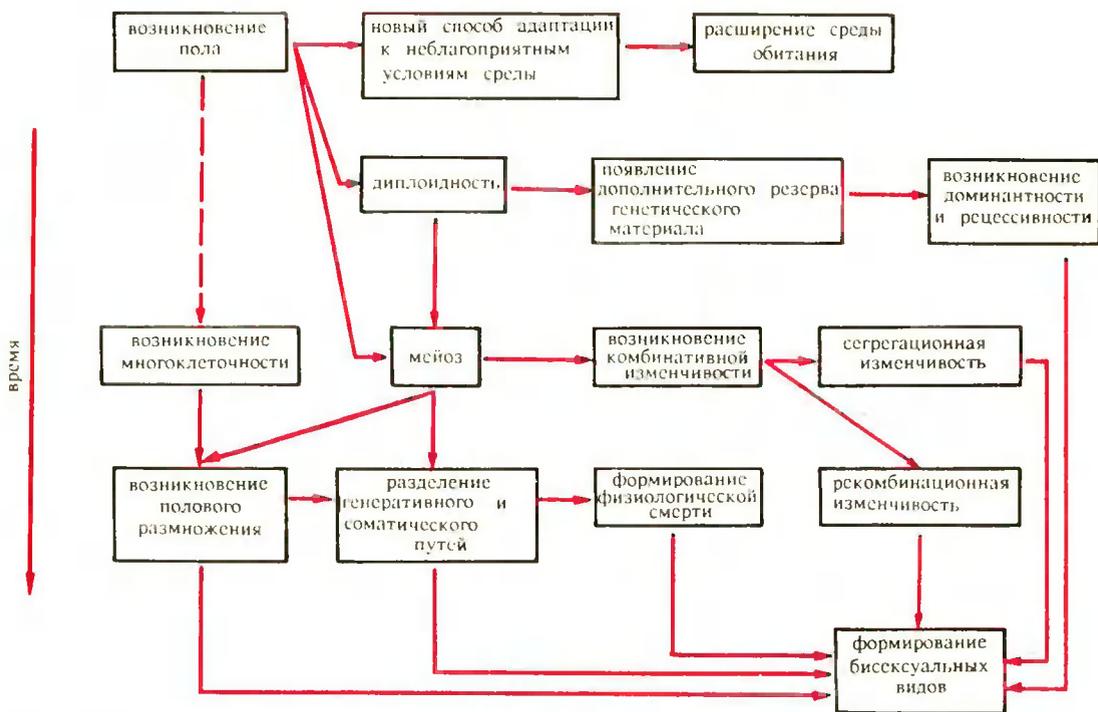


Схема основных ароморфозов у эукариот после образования полового процесса.

преимущество в пределах видов и тем самым обеспечивают не индивидуальную, а видовую адаптацию. Эти клетки — единственный компонент многоклеточного организма, обладающий потенциальным бессмертием.

Таким образом, возникновение полового процесса, т. е. появление клеток с полярными свойствами, их копуляции и мейоза, думается, создало предпосылку для чрезвычайно крупного скачка в истории живой природы — возникновения многоклеточности, что повлекло за собой формирование полового размножения, выделение зародышевого пути, появление физиологической смерти. В свете сказанного многоклеточность можно рассматривать как своеобразный «нарост» на половом процессе, возникшем в ходе предшествующей эволюции. В качестве альтернативы можно допустить и другой эволюционный сценарий: половой процесс возникает после формирования многоклеточности. Однако, по крайней мере, два аргумента противоречат такому предположению. Во-первых, наличие полового процесса у одноклеточных и, во-вторых, существование удивительного совпадения: три теоретически воз-

можных способа преобразования полового процесса и три соответствующих им царства многоклеточных.

Учитывая сказанное, можно предположить, что именно неоднократно и независимо возникший половой процесс вызвал целую серию крупнейших эволюционных адаптаций и повлек за собой мощную интенсификацию эволюции в целом.

У одноклеточных понятия «гамета» и «организм» различаются слабо, поскольку гамета — не что иное, как модифицированный одноклеточный организм. Полов обычно два, и это, вероятно, связано с тем, что в копуляции участвуют только две клетки. В случае мутационного появления третьего полового типа отбор осуществляется в направлении максимальной комплексности сливающихся гамет, что с высокой вероятностью ведет к устранению «третьего лишнего».

При переходе к многоклеточности впервые возникает ситуация, когда один организм может производить гаметы двух половых типов одновременно. Маловероятно, чтобы многоклеточные организмы уже в момент своего появления были раздельнополыми. В противном случае пришлось бы предположить, что это свойство возникло одновременно с многоклеточностью. Заметим, что у многоклеточных грибов раз-

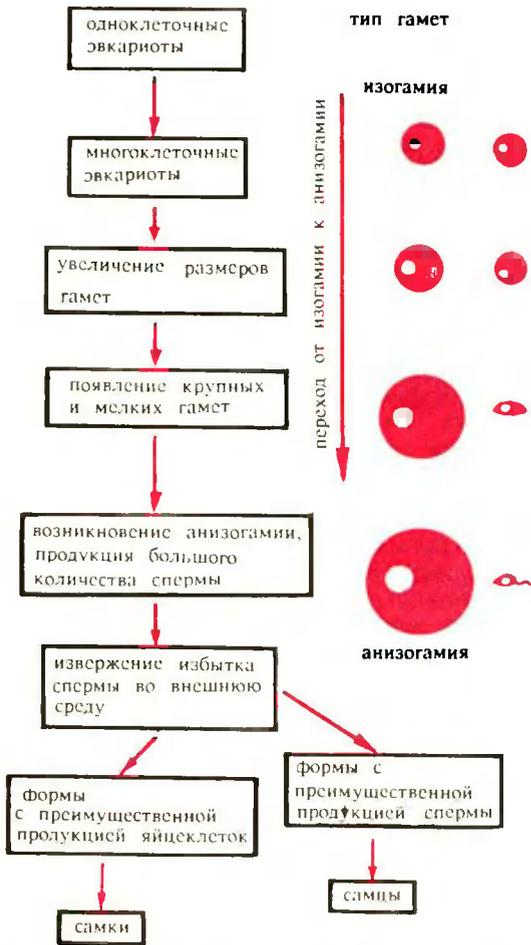


Схема формирования полового диморфизма и раздельнополости.

дельнополые формы встречаются редко. Для высших растений, наоборот, характерны виды с раздельнополом гаметофитом, (1п), однако наблюдается четкая тенденция к его редукции. Раздельнополоый спорофит (2п) появился только на последних этапах их эволюции⁷. У животных даже среди древних и просто устроенных групп часто встречаются раздельнополоые виды, хотя есть и обоеполые виды. Еще более полувек назад М. Гартман убедительно обосновал представление о потенциальной бисексуальности организмов⁸.

Размышляя об эволюции раздельно-

полости, нельзя не затронуть эволюцию типов гамет. Факты, которыми сегодня располагает наука, не позволяют судить о степени различий в строении гамет разных типов у предковых форм многоклеточных животных. Ясно только, что если они к моменту возникновения многоклеточности еще не сложились, то был довольно мощный стимул для их развития. Очевидно, что увеличение цитоплазматических запасов у зиготы было высоко адаптивным и влекло за собой возрастание размеров гамет⁹. Этот процесс имел, в свою очередь, отрицательное последствие — снижение вероятности копуляции крупных гамет. Решение проблемы состояло в возникновении второго вектора отбора, направленного на уменьшение размеров части гамет и резкое увеличение их количества.

Такой ход событий подготовил почву для следующего этапа — извержения во внешнюю среду части спермы, способной оплодотворять яйцеклетки других индивидуумов. Очевидно, что генетическая изменчивость зигот, возникающих благодаря оплодотворению спермой других индивидуумов, выше, чем при самооплодотворении. Следовательно, в результате дальнейшей селекции увеличивалось количество индивидов, склонных продуцировать много спермы, часть которой использовалась для оплодотворения других особей. Меньшая адаптивная ценность потомков, полученных от самооплодотворения, вероятно, послужила основой для формирования разнообразных механизмов, препятствующих малоэффективному использованию гамет. Так постепенно в популяциях древнейших обоеполых животных возникли самцы, интенсивно производящие сперму. Естественный отбор мог быть одним из механизмов, стабилизирующих численность самцов и обоеполых особей, специализирующихся на продукции яиц. Дальнейшее развитие механизмов самонсовместимости, видимо, привело к появлению самок. Таков возможный путь эволюционного развития полов у животных.

Впоследствии на основе раздельнополости сформировался половой диморфизм. Возможно, такой путь возникновения многоклеточности у животных, их диплоидность и сложная организация стали причиной быстрого и раннего формирования раздельнополости. Весьма правдоподобно, что изначальные, главные свойства животных — гетеротрофный способ питания и высокая

⁷ Тахтаджян А. Л. Происхождение высших растений. Эволюция жизненного цикла высших растений. Жизнь растений. Т. 4. М., 1978. С. 7—10.

⁸ Гартман М. Общая биология. М. 1936.

⁹ Parker G. A., Barker R. R., Smith V. G. F. // J. Theor. Biol. 1972. Vol. 36. P. 529—553.

подвижность — создали предпосылки для фиксации системы полового размножения с гаметной формой мейоза. Эта система, общая для всех животных, вероятно, принципиально не менялась в ходе их последующей эволюции.

Молекулярно-генетические работы последних лет позволяют обсудить вопрос о возникновении генетических механизмов, определяющих пол. Хорошим примером служит детально изученная система, детерминирующая половые типы у пекарских дрожжей. Как установлено, альтернативные преобразования половых типов у дрожжей связаны с перемещением фрагментов ДНК и изменениями ее структуры¹⁰. Любая дрожжевая клетка в определенных штаммах потенциально бисексуальна. Ее пол определяется одним из двух возможных состояний генетической системы. Сложный молекулярный механизм детерминации пола в этом и подобных случаях напоминает триггер с двумя устойчивыми состояниями, каждое из которых способно самостоятельно существовать.

К моменту формирования облигатной раздельнополости у животных уже, видимо, существовали гены и генетические механизмы, обеспечивающие потенциальную би-

сексуальность. Вывод об их существовании вытекает из признания эволюционного перехода от простейших нераздельнополых животных к бисексуальным. Древнейшие генетические системы могли быть устроены подобно дрожжевой системе и, вероятно, появились как естественный результат усложнения генетической организации. Возникающая при этом изменчивость, называемая нами альтернативной, способна обеспечивать немутационные наследуемые изменения состояний (активное — неактивное) одного или нескольких генов¹¹. Возможно, такие системы и легли в основу механизмов детерминации пола. Формирование и эволюционная фиксация раздельнополости — это процесс совершенствования генетического контроля альтернативной изменчивости, в ходе которого образовались сложные хромосомные механизмы.

Итак, старая проблема происхождения многоклеточности продолжает оставаться актуальной. К сожалению, невозможность экспериментального исследования эволюции пола и многоклеточности оставляет нам почти единственный путь познания — дедуктивный. Хочется надеяться, что изложенные здесь во многом умозрительные представления помогут понять эту важную проблему в целом.

¹⁰ Klar A. J. S., Hicks J. B., Strathern J. N. Irregular transpositions of mating-type gene in yeast. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 1981. Vol. XLV. P. 983—990.

¹¹ Рувинский А. О., Лобков Ю. И., Беляев Д. К. // Генетика. 1983. Т. 19. № 6. С. 988—996.

ИНФОРМАЦИЯ

Магазин № 2 «Книга — почтой» «Академкнига» г. Ленинграда
предлагает
КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»:

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОРНИТОЛОГИИ. 1986. 248 с. 2 р.

Батыгина Т. Б. ХЛЕБНОЕ ЗЕРНО. Атлас. 1987. 103 с., ил. 2 р.

Вавилов Н. И. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ. 1987. 511 с. 5 р.

КРАТКИЙ МИГ ТОРЖЕСТВА. 1989. 335 с. 3 р.

Эта книга о том, как делаются научные открытия. Знаменитые физики и химики рассказывают о возникновении идеи, о процессе научного творчества и о том кратком миге удовлетворения и торжества, когда идея становится открытием.

Линней К. ФИЛОСОФИЯ БОТАНИКИ. (Сер. «Памятники истории науки»). 1989. 451 с. 4 р. 90 к.

Матвеева М. А. ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ ОТ НЕМАТОД. 1989. 152 с. 75 к.

Мечников И. И. ЭТЮДЫ ОПТИМИЗМА. 1988. 327 с. 1 р. 70 к.

Заказы направляйте по адресу: 197345 Ленинград, Петрозаводская ул., дом 7.

Анатомия плюс механика, или Почему плохо жилось динозаврам

А. Б. Палей,

кандидат педагогических наук
Липецкий педагогический институт

ПОЧЕМУ на Земле нет сухопутных млекопитающих ростом 10 и более метров? Почему человек может нести на себе груз, лишь равный собственному весу, тогда как мелкие зверьки способны переносить предметы, в 5 раз превышающие их собственный вес? Почему крупные звери неповоротливы, а мелкие чрезвычайно юркие? Каковы были бы физические кондиции человека и животных на других небесных телах? Качественно ответить на эти и некоторые другие подобные вопросы можно, опираясь на самые общие физические закономерности.

Начнем с первого, наиболее важного вопроса. Почему же существует верхний предел размеров животных на Земле? Дело в том, что кости скелета, сухожилия, мышцы и связки внутренних органов, как и любые другие материалы, имеют предел прочности — такое значение механического напряжения (усилия F , приходящегося на единицу площади S поперечного сечения), при превышении которого они разрушаются.

Пределы прочности $(F/S)_{\text{пред}}$ различных материалов определяются экспериментально. Кость, оказывается, — один из самых прочных природных

материалов. Она, например, значительно прочнее гранита.

Не касаясь прочности на изгиб, кручение и растяжение, рассмотрим в качестве примера предел прочности костей скелета на сжатие, который составляет $(F/S)_{\text{пред}} = 2 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$. Для нормальной жизнедеятельности животному надо не только стоять, но и бегать, прыгать, т. е. выдерживать перегрузки. К тому же из-за рычажного механизма передачи внешних усилий на кости, мышцы и связки на всех этих элементах могут развиваться усилия, в несколько раз превышающие внешние. Костям скелета по отношению к внешним усилиям нужен примерно 20-кратный запас прочности (фактор 5 отнесем к перегрузкам, а фактор 4 — к рычажному механизму). Исходя из этого функциональный предел прочности костей $(F/S)_{\text{пред.ф}}$ мы примем равным 10^7 Н/м^2 . Под функциональным пределом прочности мы, следовательно, будем понимать такие внешние усилия, приходящиеся на единицу площади поперечного сечения кости, которые приводят к усилиям на самой кости, вызывающим ее разрушение.

Теперь посмотрим, зависит ли механическое напряжение на костях от размеров млекопитающего. Напряжение F/S от собственного веса равно mg/S , где m — масса животного, g — ускорение силы тяжести,

S — поперечное сечение опорной кости. Применим метод физического подобия, т. е. будем считать строение тела у всех сухопутных млекопитающих подобным (на самом деле это не совсем так, но для качественных оценок такое допущение приемлемо). Выразим массу тела m через среднюю плотность ρ : $m = \rho V$, где V — объем тела. Учтем также, что объем тела пропорционален кубу его линейных размеров $r/V = ar^3$, а площадь поперечного сечения костей — квадрату $r/S = \beta r^2$. Тогда $(F/S) = \rho g ar^3 / \beta r^2 = (\rho g a / \beta) r$, т. е. механическое напряжение на кости прямо пропорционально линейным размерам (например, росту) животного.

Сравним для примера напряжение, возникающее в опорной кости лилипута ростом 1 м и двухметрового баскетболиста. Все линейные размеры у баскетболиста вдвое больше, чем у лилипута, вес в 8 раз больше, а вот площадь поперечного сечения костей — лишь в 4 раза больше. В результате механическое напряжение на кости баскетболиста от его собственного веса будет вдвое больше, чем у лилипута.

Значение константы $\rho g a \beta$ можно получить, используя известные размеры и массу любого животного. Приняв вес человека 1000 Н при росте 1,8 м и площади поперечного сечения большой берцовой кости $5 \text{ см}^2 =$

$5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, получим $\rho g a / \beta = (1000 \text{ Н} / 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2) / 1,8 \text{ м} = 1,1 \cdot 10^6 \text{ Па/м}$. (Вследствие приближенности наших предположений в расчетах мы ограничиваемся лишь двумя значащими цифрами, безусловно доверяя лишь первой.)

Теперь можно оценить предельный рост $h_{\text{пред}}$ млекопитающего, заменив (F/S) в нашей формуле на функциональный предел прочности: $h_{\text{пред}} = (F/S)_{\text{пред.ф.}} / (\rho g a / \beta) = 10^7 \text{ Па} / (1,1 \cdot 10^6 \text{ Па/м}) = 9 \text{ м}$, т. е., по нашей грубой оценке, $h_{\text{пред}} = 5h_{\text{чел}}$. Если бы какое-либо животное имело более внушительные размеры, оно уже не в состоянии было бы нормально передвигаться и даже могло бы быть раздавлено собственным весом, как это случается, с китом, выброшенным на сушу.

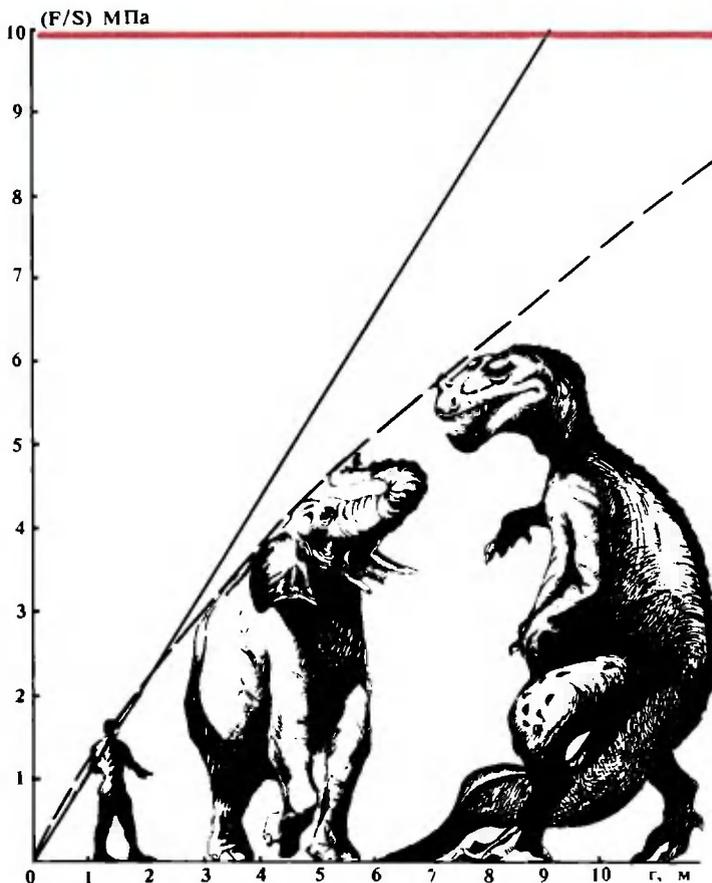
Отметим, что на самом деле площадь поперечного сечения костей зависит от линейных размеров животного не квадратично, а в степени 2,25, т. е. подобие нарушается, но при этом растет и доля костной массы в общей массе животного (увеличивается его средняя плотность), а за это животному приходится платить уменьшением его относительной силы (силы, отнесенной к массе животного) и подвижности.

Есть еще одна причина, по которой средняя плотность животного не может существенно превышать среднюю плотность воды: такое животное не могло бы плавать и, попав в любой подходящих размеров водоем, утонуло бы в нем.

Применение метода подобия к прочности сухожилий и связок внутренних органов (их поперечное сечение, как и у костей, пропорционально квадрату линейных размеров) дает также прямую пропорциональную зависимость напряжения на них от линейных размеров животного.

Отметим еще, что у животных с подобным строением тела давление на почву также пропорционально линейным размерам, так что крупным животным труднее передвигаться на мягком грунте или по снегу, легче увязнуть в болоте.

Можно попутно рассмотреть вопрос и об эффективном



Зависимость механического напряжения F/S на кости от линейных размеров r животного. Сплошная линия соответствует полному подобию: $F/S = (1,1 \cdot 10^6 \text{ Па/м})r$. Однако, как показал Мак-Магон, диаметр костей зависит от массы в степени $3/8$ [а не $1/3$, что имело бы место в случае полного подобия], соответственно $S \sim r^{3/4}$, и зависимость механического напряжения на кости уже не является линейной: $F/S = (1,3 \cdot 10^6 \text{ Па/м}^{3/4})r^{3/4}$ [пунктирная кривая]. Функциональный предел прочности [показан горизонтальной цветной линией] в этом случае достигается при несколько больших ($\sim 15 \text{ м}$) размерах животного, чем при полном подобии.

сти газообмена животных. Очевидно, что обеспечение кислородом единицы массы тела определяется отношением площади внутренней поверхности легких к массе животного. Числи-

тель этой дроби пропорционален квадрату, а знаменатель — кубу линейных размеров, поэтому эффективность обеспечения организма кислородом оказывается обратно пропорциональной размерам животного.

К вопросу о предельных размерах млекопитающих можно подойти и с позиции прочности кровеносных сосудов. Известно, что для нормального кровоснабжения органов давление, развиваемое в сосудах, должно превышать гидростатическое давление крови, p_r , которое определяется произведением $\rho g \Delta h$, где ρ — плотность крови, Δh — перепад (разность) высот между положением сердца и наиболее удаленными от него по высоте частями тела (голова, ноги). У взрослого человека $\Delta h \approx 1 \text{ м}$ и $p_r = 10^4 \text{ Па}$. Известно, что нормальное артериальное давление у человека,

выраженное в мм рт. ст., составляет 120/80. Верхнее (систолическое) давление 120 мм рт. ст. соответствует $1,6 \cdot 10^4$ Па, т. е. в сосудах развивается давление, примерно в полтора раза превышающее гидростатическое. Это обстоятельство и обеспечивает бесперебойную подачу крови от сердца к голове (и от ног к сердцу). В гидротехнике давление принято выражать в метрах водяного столба. Плотность крови лишь немногим больше плотности воды, поэтому мы можем говорить о миллиметрах (или метрах) кровяного столба. Итак, артериальному давлению 120 мм рт. ст. соответствует 1,6 м кр. ст., т. е. таким давлением кровь может быть поднята на высоту, не превышающую 1,6 м. Отсюда понятно, что жираф, например, должен иметь артериальное давление не менее 3 м кр. ст. (или не менее 220 мм рт. ст.). Так оно и есть: на самом деле верхнее артериальное давление у жирафа — 250 мм рт. ст. Известно также, что давление у новорожденных составляет 80/40 мм рт. ст., и это, конечно, не случайно, если учесть, что размеры ребенка значительно меньше, чем взрослого человека. В процессе роста соответственно повышается и артериальное давление.

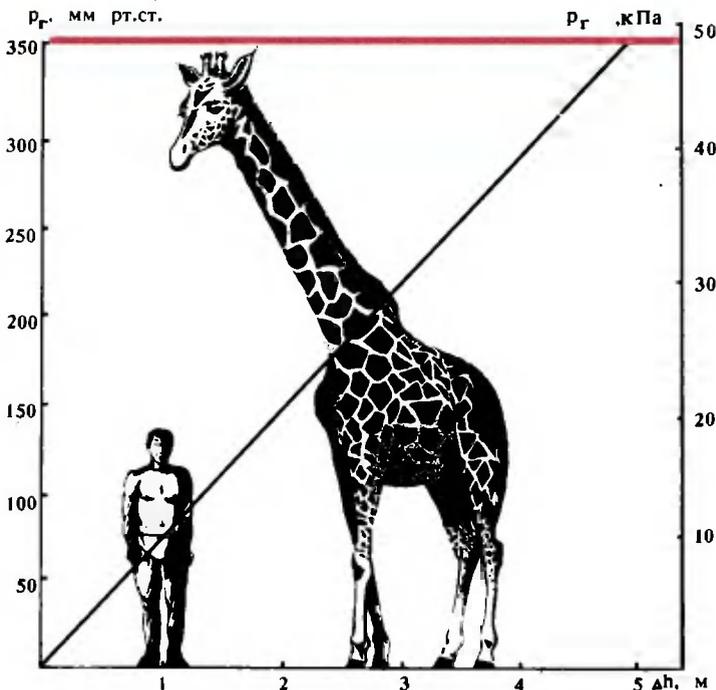
Сосуды тоже имеют свой предел прочности. Разрыв сосудов у человека наступает при давлении свыше 250 мм рт. ст. ($3,3 \cdot 10^4$ Па, или 3,4 м кр. ст.). Обычно это случается у больного гипертонической болезнью, состояние сосудов которого неудовлетворительно. Поэтому примем, что для здоровых сосудов разрушающее давление равно 350 мм рт. ст. (4,8 м кр. ст.).

Посмотрим теперь, как зависит напряжение сосудов на разрыв от размеров животного. Зависимость напряжения F/S , растягивающего стенку сосуда радиусом R и толщиной стенки b , от давления внутри сосуда p установил еще П. Лаплас: $F/S = (R/b)p$. Для гидростатического давления $F/S = (R/b) \rho g \Delta h$. Поскольку и радиус сосуда R , и толщина его стенки b прямо пропорциональны линейным размерам животного, то отношение R/b есть константа и от размеров животного не зависит.

Иными словами, механическое напряжение на сосудах прямо пропорционально линейным размерам (росту) животного. Теперь можно оценить рост животного, при котором кровяное давление создаст предельное (разрывное) напряжение на сосудах. Оно должно быть одним и тем же у всех животных с подобным строением тела и, стало быть, таким же, как у человека. Получается, что предельный перепад высот, при котором наступает разрыв сосудов, составляет около 5 м, что соответствует предельному росту 9—10 м. Результат тот же, что и из оценки, полученной при рассмотрении механического напряжения на кости скелета!

Зависимость гидростатического давления крови P_r от перепада высот Δh между положением сердца и наиболее удаленными от него по высоте частями тела. При $\Delta h \approx 5$ м это давление достигает значения, при котором механическое напряжение на стенках сосудов приводит к их разрыву, если внутреннее давление крови не компенсируется частично наружным давлением межклеточной жидкости.

Наконец, к выводу о верхнем пределе размеров млекопитающих можно прийти, исходя из оценки времени скрытого периода реакции. Оно складывается из времени передачи информации от какого-либо органа (скажем, кончика хвоста) животного в мозг, времени обработки этой информации в мозгу и времени передачи командного импульса от мозга к мышцам данного органа. Наибольшее время в этой сумме у млекопитающих приходится на передачу импульсов от органа в мозг и обратно, к мышцам. Среднее время реакции у человека 0,1—0,2 с, а средняя длина пути (к мозгу и обратно), — около 2 м. Получается, что скорость проведения импульсов порядка 20 м/с. Теперь представим себе десятиметрового гиганта, которого неожиданно укусили за хвост. Мозг его получит информацию об опасности через 0,5 с, а команда мышцам отдержать хвост пройдет еще через 0,5 с. Понятно, что при такой информационной медлительности животному было бы трудно нормально бороться за свое существование.



Вот и получается, что, исходя из различных предпосылок, мы приходим к одному и тому же выводу: на Земле не может быть сухопутных млекопитающих, существенно больших десятиметрового размера.

Теперь коснемся других вопросов, поставленных в начале статьи. Прежде всего обобщим тот факт, что мелкие животные имеют большую относительную силу, чем крупные.

Сила, которую может развить мышца, зависит от ее поперечного сечения, в свою очередь, пропорционального квадрату ее линейных размеров (в данном случае — толщины): $F = \gamma r^2$. Относительная же сила мышц $F/m = \gamma r^2 / \rho a r^3 = (\gamma / \rho a) / r$, т. е. она обратно пропорциональна линейным размерам животного. Теперь ясно, что мелкие животные должны иметь большую относительную силу, чем крупные.

Но максимальное ускорение a , на которое способно животное, по второму закону Ньютона, пропорционально силе мышц и обратно пропорционально массе животного. Иными словами, ускорение, которое может развить животное, определяется тем же выражением, что и относительная сила: $a = (\gamma / \rho a) / r$. Таким образом, и максимально возможное ускорение животного обратно пропорционально его размерам. Именно поэтому мелкие животные так подвижны, а крупные так неповоротливы.

Известный биомеханик Р. Александер установил, что для животных, масса которых различается в 350 раз (а линейные размеры, соответственно, в 7 раз), величина напряжения на кости во время их движения находится в пределах от 50 до 150 МН/м² без какой-либо связи с размерами тела. Это лишний раз указывает на то, что животные развивают такие ускорения, которые позво-

ляет им действительный предел прочности костей. Одни и те же напряжения на кости достигаются при малых ускорениях у больших животных и при больших ускорениях — у мелких.

Оценим теперь, как зависит предельная высота прыжка, который способно совершить животное с места, от его размеров. Как известно, высота вертикального подъема (взлета) в условиях тяготения зависит от начальной скорости тела: $H = v_0^2 / 2g$. Примем, что разгон перед прыжком происходит равноускоренно. Конечная скорость при разгоне (она же — начальная при взлете) $v_0^2 = 2aL$, где L — длина разгона (величина приседания перед прыжком). Поскольку L пропорциональна линейным размерам животного ($L = \delta r$), то $v_0^2 = 2a\delta r$, и так как $a = (\gamma / \rho a) / r$ то в момент взлета $v_0^2 = 2(\gamma \delta r / \rho a r) = 2\gamma \delta / \rho a$, т. е. оказывается, что начальная скорость при взлете у млекопитающих (при условии полного подобия) есть величина постоянная и не зависит от размеров животных. Здесь, конечно, надо подчеркнуть, что мы рассматривали не абсолютную величину, на которую может подняться, скажем, голова животного, а величину его подскока над нормальным положением. Лошадь, к примеру, берет двухметровый барьер, но ее тело перед прыжком уже находится на высоте около 1 м. Следует также еще раз указать, что наш расчет носит оценочный характер, и не все животные могут взлетать ровно на один метр. Некоторые различия в величине подскока обусловлены, конечно, особенностями строения тела различных животных.

Теперь обратим внимание на то, что и предельные размеры сухопутных животных, и высота подскока обратно пропорциональны ускорению силы тяжести. Если бы уско-

рение силы тяжести на Земле было больше, скажем, втрое, то на ней никогда не смогли бы развиваться ни динозавры, ни слоны, ни жирафы. Физические условия человека на иных небесных телах тоже существенно зависят от ускорения силы тяжести на них. Так, на Луне астронавты без особого напряжения могут носить на себе скафандр с ранцем системы жизнеобеспечения массой 120 кг, поскольку ускорение силы тяжести на поверхности нашего естественного спутника вшестеро меньше, чем на Земле. В более легких, чем на Земле, условиях космонавты будут и на Марсе, где $g_M = 0,38 g$, а в вот в корабле, плавающем в атмосфере Юпитера, космонавты практически не смогут работать, поскольку $g_J = 2,54 g$.

Таким образом, биологические особенности животных — подвижность, относительная сила и некоторые другие — зависят от размеров животных, а их предельные размеры определяются, в свою очередь, такими физическими константами, как ускорение силы тяжести и пределы прочности материалов.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Шмидт-Нильсен К. РАЗМЕРЫ ЖИВОТНЫХ: ПОЧЕМУ ОНИ ТАК ВАЖНЫ? М.: Мир, 1987.

Богданов К. Ю. ФИЗИК В ГОСТЯХ У БИОЛОГА. М.: Наука, 1986.

Мэррион Дж. Б. ОБЩАЯ ФИЗИКА С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ПРИМЕРАМИ. М.: Высшая школа, 1986.

Уважаемый товарищ редактор!

С огромным интересом прочел статью «Возвращается Г. А. Гамов», опубликованную в Вашем журнале. Жизненная трагедия и научный триумф выдающегося ученого всегда оставались предметом горечи и в то же время гордости в нашей семье.

Предложение авторов, уважаемых гг. В. Я. Френкеля и А. Д. Чернина, о настоятельной необходимости издания на родине Г. А. Гамова его трудов представляется заслуживающим внимания. С подобным предложением об оказании посильной помощи я обратился к Рустаму Игорю Гамову (сыну Г. А. Гамова.— Прим. ред.). Последний успел поразить медиков, альпинистов и горных туристов своим «мешком Гамова» — портативной барокамерой для борьбы с последствиями гипоксии. Он руководит в Колорадском университете работами по ее изготовлению и дальнейшему совершенствованию. Мне также известно, что Госкомспорт СССР заинтересован в приобретении и изготовлении «мешка».

Таким образом, публикация может сыграть решающую роль в возвращении имени Г. А. Гамова на родину и, кто знает, появлению многих талантов в физике, соприкоснувшихся на старте с его великолепными публикациями. Со своей стороны я готов выполнить свой гражданский долг и по мере сил содействовать этому.

В заключение позвольте мне от имени родственников Г. А. Гамова выразить Вам и уважаемым авторам статьи нашу искреннюю сердечную благодарность.

Кандидат экономических наук
Игорь Леонидович Гамов
Кишинев

В ЛИТЕРАТУРЕ по истории науки есть своеобразный жанр — «биографии в фотографиях». В качестве примера назову изданную в США биографию Эйнштейна, в ФРГ — О. Гана, а у нас в стране совсем недавно — В. И. Вернадского. Если бы возник вопрос об издании книги «Советская физика в фотографиях» (думаю, такая книга получилась бы интересной), я бы посоветовал непременно включить в нее снимок участников Харьковской конференции по теоретической физике, состоявшейся в 1929 г. Этот снимок был опубликован в № 9 журнала «Природа» за минувший год в статье «Возвращается Г. А. Гамов» (авторы А. Д. Чернин и я) и вызвал большой интерес: читатели звонили и писали в редакцию — среди изображенных на фото они находили своих родственников и знакомых; было много просьб рассказать подробнее об изображенных на снимке участниках конференции. Поэтому я решил еще раз вернуться к этой фотографии и сообщить, хотя бы кратко, о запечатленных на ней людях.

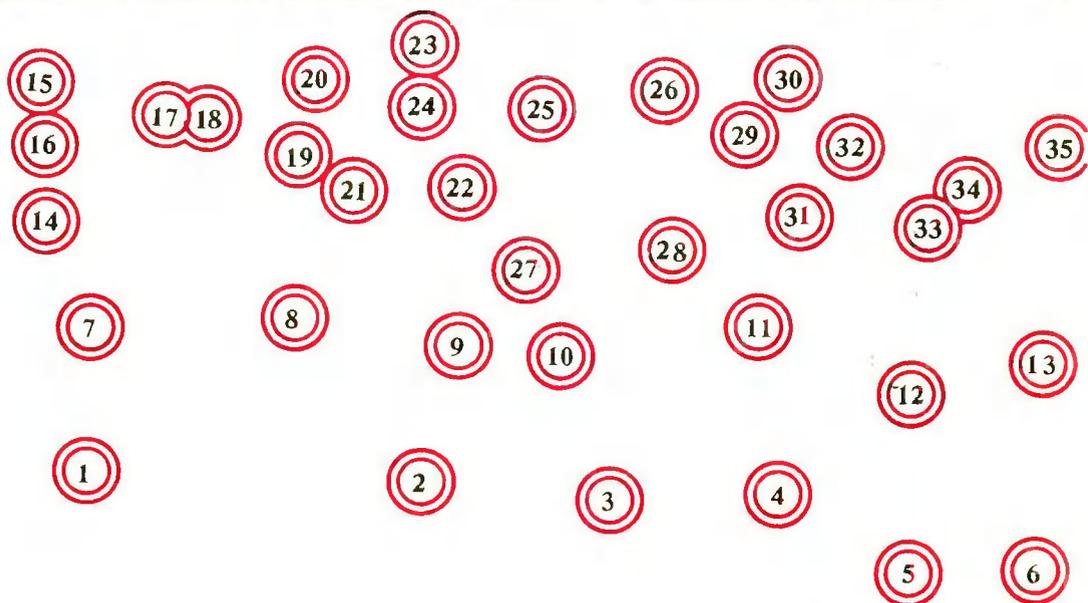
Вначале несколько слов о самой конференции. Первая конференция по теоретической физике была проведена в Харькове только что организованным Украинским физико-техническим институтом (УФТИ; ныне ХФТИ АН УССР) директором которого стал И. В. Обреимов. Одним из инициаторов конференции был Д. Д. Иваненко, возглавивший теоретический отдел этого института. Конференция работала с 19 по 25 мая и собрала около 60 участников, заседавших в Харьковском деловом клубе. Обсуждались вопросы квантовой механики и ее приложений, а также новая работа Эйнштейна, содержавшая попытку создания единой теории гравитации и электромагнетизма. Материалы конференции, включая стенограмму

дискуссий по некоторым докладам, были опубликованы Д. Д. Иваненко и В. А. Фоком в двух номерах известного немецкого физического журнала «Physikalische Zeitschrift» (1929. Bd. 30. H. 19. 20). Кроме того, Д. Д. Иваненко рассказал о конференции в ныне почти забытом журнале «Человек и природа», издававшемся в Ленинграде (1929. № 14. С. 45—46).

Конференция открылась полуторачасовым докладом В. К. Фредерикса (соавтором был А. А. Изаксон) по геометризованной теории поля. Ограничусь лишь перечислением тем и докладчиков. О теории поля и смежных проблемах говорили В. А. Амбарцумян, Я. П. Громмер, Д. Д. Иваненко, М. А. Леонтович, Г. А. Мандель, И. Е. Тамм (дважды), В. А. Фок. Вопросы квантовой механики и ее приложений обсуждались В. Гайтлером, П. Иорданом, Л. Д. Ландау, В. А. Фоком, Я. И. Френкелем (дважды). Г. А. Гамов прочел доклад о структуре атомного ядра.

На заключительном заседании были заслушаны доклады Я. И. Френкеля «О современной микрофизике» и П. И. Лукирского «Взаимодействие квантов света и электронов». Стоит сказать, что спустя пять лет в Харькове прошла Вторая конференция по теоретической физике, в работе которой принял участие Н. Бор.

Обратимся теперь к снимку. Прежде всего отмечу, что шестеро из изображенных на нем участников конференции находятся в добром здравии — В. А. Амбарцумян, А. Н. Арсеньева-Гейль, Д. Д. Иваненко, А. В. Тиморева, А. Б. Шехтер и А. А. Ферхмин. В кратких сведениях, которые приведены в дальнейшем, даны (за редким исключением) лишь последние занимаемые должности или звания, а не соответствующие



времени, когда была сделана фотография.

Итак, кто есть кто на снимке:

1. Виктор Робертович Бурсиан (1887—1945), доктор физико-математических наук, профессор Ленинградского государственного университета (ЛГУ).

2. Владимир Александрович Фок (1898—1974), академик, профессор ЛГУ.

3. Дмитрий Дмитриевич Иваненко (р. 1904), доктор физико-математических наук, профессор МГУ.

4. Яков Ильич Френкель (1894—1952), член-корреспондент АН СССР, заведующий теоретическим отделом Физико-технического института (ФТИ) АН СССР.

5. Вальтер Гайтлер (1904—1981), немецкий физик-теоретик, последние годы жизни провел в Швейцарии, профессор Цюрихского университета.

6. Паскуаль Иордан (1902—1980), немецкий физик-теоретик, профессор Гамбургского университета.

7. Владимир Александрович Кравцов (1902—1971), доктор физико-математических наук, профессор Ленинградского политехнического института (ЛПИ).

8. Предположительно Елпидифор Анимподистович Кириллов (1883—1964), профессор Одесского государственного университета.

9. ?

10. Лев Давидович Ландау (1908—1968), академик, заведующий теоретическим отделом Института физических проблем им. С. И. Вавилова АН СССР.

11. Георгий Антонович Гамов (1904—1968), американский физик-теоретик русского происхождения, профессор Университета штата Колорадо.

12. Предположительно Вадим Сергеевич Горский (1905—1941), сотрудник ХФТИ с 1930 г. В 1937 г. арестован и погиб в заключении.

13. Моисей Абрамович Корец (1908—1984), физик-теоретик, с 1932 по 1936 г. сотрудник теоретического отдела ХФТИ, с 1936 по 1938 г. доцент Высшего технического училища им. Н. Э. Баумана, в 1937 г.

арестован; после освобождения в 1958 г. работал научным редактором отдела физики журнала «Природа».

14. Иван Васильевич Обреимов (1894—1982), академик, заведующий лабораторией Института общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова АН СССР.

15. Борис Иосифович Давыдов (1908—1963), доктор физико-математических наук, с 1952 по 1963 г. заведующий теоретическим отделом Института теоретической геофизики АН СССР (ныне Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР).

16. Анна Борисовна Шехтер (р. 1900), доктор физико-математических наук, сотрудник Всесоюзного института научной и технической информации.

17. Екатерина Николаевна Финкельштейн (1905—1962), жена Б. Н. Финкельштейна (см. 23).

18. Эрнст Павлович Халфин (1905—?), аспирант ФТИ АН СССР.

19. Александр Ильич Лейпунский (1903—1972), академик АН УССР, директор Физико-энергетического института (г. Обнинск).

20. Владимир Дмитриевич Кузнецов (1887—1963), академик, профессор Томского университета.

21. Виктор Амазаспович Амбарцумян (р. 1908), академик, президент АН Армянской ССР.

22. Лев Викторович Розенкевич (1905—1943), доктор физико-математических наук, сотрудник ХФТИ; в 1937 г. арестован, погиб в заключении.

23. Борис Николаевич Финкельштейн (1902—1962), доктор физико-математических наук, профессор Московского института стали и сплавов.

24. Александр Осипович Гельфонд (1906—1968), член-корреспондент АН СССР, заведующий лабораторией Математического института им. В. А. Стеклова АН СССР.

25. Юрий Александрович Крутков (1890—1952), член-корреспондент АН СССР, профессор ЛПИ.

26. Петр Иванович Лукирский (1894—1954), академик, профессор Ленинградского политехнического института.

27. Игорь Евгеньевич Тамм (1895—1971), академик, заведующий теоретическим отделом Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР.

28. Александра Васильевна Тиморева (р. 1902), доцент ЛГУ.

29. Николай Иванович Мухелишвили (1891—1976), академик, президент АН Грузинской ССР.

30. ?

31. Агнеса Николаевна Арсеньева-Гейль (р. 1901), профессор ЛГУ.

32. Алиса Адольфовна Ферхмин (р. 1904), сотрудник Института эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова АН СССР, жена В. Р. Бурсиана (см. 1).

33. Всеволод Константинович Фредерикс (1885—1943), доктор физико-математических наук, профессор ЛПИ, заведующий лабораторией ФТИ АН СССР. В 1937 г. арестован, умер в заключении.

34. Сергей Эдуардович Фриш (1899—1977), член-корреспондент АН СССР, профессор ЛГУ.

35. Генрих Александрович Мандель (?—1946), доктор физико-математических наук, профессор ЛГУ.

В. Я. Френкель,
доктор физико-математических наук
Ленинград

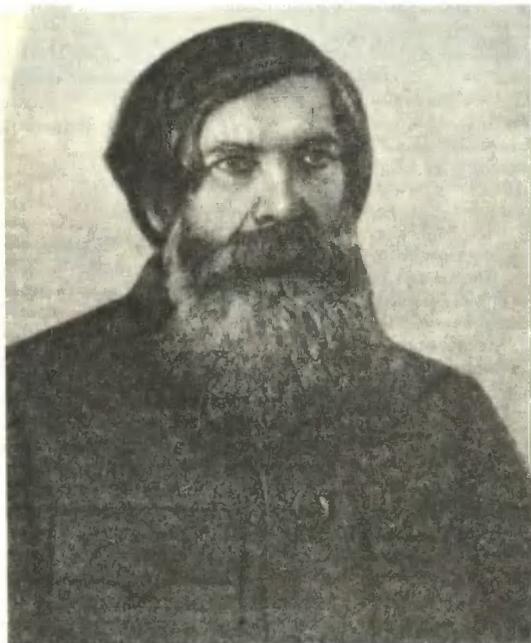
От редакции. Общее собрание Академии наук СССР, проходившее 20—23 марта, приняло постановление о восстановлении (посмертно) в членах Академии ученых, необоснованно исключенных из АН СССР. В постановлении, в частности, отмечалось, что «поставленные в невыносимые условия для творческой работы и нормальной жизни, некоторые ученые были вынуждены эмигрировать из страны». Среди них и член-корреспондент АН СССР Георгий Антонович Гамов. Подтверждено также восстановление в составе членов-корреспондентов АН СССР репрессированных ученых, в том числе Юрия Александровича Круткова.

ВНУШЕНИЕ СЕГОДНЯ И 100 ЛЕТ НАЗАД

«Внушение как фактор заслуживает самого внимательного изучения для историка и социолога, иначе целый ряд исторических и социальных явлений получает неполное, недостаточное и, быть может, даже несоответствующее объяснение». Эти слова, произнесенные В. М. Бехтеревым почти 100 лет назад, не потеряли своей актуальности и сегодня.

Одна из ярких примет нашего времени — это разбуженный интерес самых широких масс к судьбе Отечества. Озабоченность национальными конфликтами, экономической ситуацией, состоянием окружающей среды объединяет людей, собирает их на многотысячные митинги и демонстрации, приковывает к экранам телевизоров. В этой ситуации роль внушения и взаимовнушения бесспорна. Тем большая ответственность ложится на плечи людей, которые берут на себя роль лидеров и пытаются вести за собой других. Эта важнейшая и интереснейшая проблема не нова. Вот почему мы решили познакомить читателей с работой В. М. Бехтерева, в которой можно найти ответы на многие вопросы.

В. М. Бехтерев **Роль внушения в общественной жизни**



В. М. БЕХТЕРЕВ
1.11(20.1).1857—24.XII.1927

В НАСТОЯЩУЮ ПОРУ так много вообще говорят о физической заразе при посредстве *contagium vivum*, или физических микробов, что, на мой взгляд, не лишнее вспомнить и о «*contagium psychicum*», приводящем к психической заразе, микробы которой, хотя и не видимы под микроскопом, но тем не менее, подобно настоящим физическим микробам, действуют везде и всюду и передаются через слова и жесты окружающих лиц, через книги, газеты и пр., словом — где бы мы ни находились, в окружающем нас обществе мы подвергаемся уже действию психических микробов и, следовательно, находимся в опасности быть психически зараженными.

Вот почему мне представляется не только своевременным, но и небезынтересным остановиться на этом предмете, полном глубокого значения, как в повседневной жизни отдельных лиц, так и в социальной жизни народов. (...)

* Речь на годичном собрании Императорской военно-медицинской академии 18 декабря 1897 г. Изд. отдельной брошюрой (СПб, 1898); публикуется с сокращениями.

Прежде всего мы должны выяснить, что такое само по себе внушение? (...)

Бесспорно, что внушение есть один из способов влияния одних лиц на других, которое может происходить как намеренно, так и ненамеренно со стороны влияющего лица и которое может осуществляться иногда совершенно незаметно для человека, воспринимающего внушение, иногда же оно происходит с ведома и при более или менее ясном его сознании. Для того чтобы выяснить себе роль внушений, необходимо пояснить, что наша психическая сфера имеет один важный фактор, известный под названием личного сознания или так называемого «я», которое при посредстве воли и внимания обнаруживает существенное влияние на восприятие нами внешних впечатлений, которое регулирует течение наших представлений и которое определяет выполнение наших действий. Все, что входит в сферу психической деятельности при посредстве личного сознания, усваивается нами путем обдумывания и осмысленной переработки, становясь прочным достоянием нашего «я».

Этот путь воздействия окружающей среды на нашу психическую сферу может быть назван путем «логического убеждения», так как конечным результатом упомянутой переработки всегда является в нас убеждение: «мы убедились в истине, мы убедились в пользе, мы убедились в неизбежности того или другого», — вот что мы внутренне можем сказать, после того, как в нас совершилась упомянутая переработка внешних впечатлений, воспринимаемых при посредстве нашего личного сознания. Но независимо от того в нашу психическую сферу могут входить разнородные впечатления и влияния помимо нашего личного сознания и, следовательно, помимо нашего «я». Они проникают в нашу психическую сферу уже не с парадного хода, а, если можно так выразиться, с заднего крыльца, ведущего непосредственно во внутренние покои нашей души. Это и есть то, что мы называем внушением. (...)

В числе способов психического воздействия одних лиц на других, кроме убеждения и внушения, мы можем различать еще приказание или пример, но несомненно, что в известной мере и приказание, и пример действуют совершенно подобно внушению и даже не могут быть от него отличимы; в остальном же как приказание, так и пример, действуя на разум человека, могут быть вполне уподоблены логическому убеждению. Так, команда есть бесспорно приказание, а кто не знает,

что команда действует не только силой страха за непослушание, но и путем внушения или прививания известной идеи. С другой стороны, и пример, помимо своего влияния на разум путем убеждения в полезности того или другого, может еще действовать наподобие психической заразы, иначе говоря, путем внушения, как совершенно невольное и безотчетное подражание.

Кто не знает заразительного действия публичных казней; кому, наконец, неизвестно заразительное влияние самоубийства?

Итак, необходимо иметь в виду, что вопреки словесному убеждению, обыкновенно действующему на другое лицо силой своей логики и непреложными доказательствами, внушение действует путем непосредственного прививания психических состояний, т. е. идей, чувствований и ощущений, не требуя вообще никаких доказательств и не нуждаясь в логике.

Одним словом, внушение действует прямо и непосредственно на психическую сферу другого лица путем увлекательной и взволнованной речи, путем уговора, жестов и мимики.

Легко видеть отсюда, что пути для передачи психических состояний с помощью внушения гораздо более многочисленны и разнообразны, нежели пути для передачи мыслей путем убеждения.

Вот почему внушение, в общем, представляет собою гораздо более распространенный и нередко более могущественный фактор, нежели убеждение.

Последнее может действовать только на лиц, обладающих здравой и сильной логикой, тогда как внушение действует не только на лиц с сильной и здравой логикой, но еще в большей мере на лиц, обладающих недостаточной логикой, как, например, детей и простолудинов.

Несомненно поэтому, что внушение, или прививание психических состояний, играет особо видную роль в нашем воспитании, по крайней мере до тех пор, пока логический аппарат ребенка не достигнет известной степени своего развития, позволяющего ему усваивать логические выводы не менее, нежели готовые продукты умственной работы других, передаваемые с помощью так называемого внушения, или психической прививки.

Равным образом и в простом классе населения внушение, или прививка идей, играет гораздо более видную роль, нежели логическое убеждение.

Всякий обращающийся с народом знает это хорошо по собственному опыту и знает цену логических убеждений, кото-

рые если и имеют иногда успех, то лишь временный, тогда как внушение или приказание здесь почти всегда действуют верно.

Влияние команды в войсках сводится также не к убеждению, а к внушению и приказанию, которые действуют сильнее всякого убеждения. Но и на интеллигентных лиц, обладающих вполне развитой логикой, внушение действует вряд ли менее сильно, нежели на детей и простолюдинов.

Хотя все вышеуказанное достаточно точно определяет самый предмет, тем не менее нельзя не упомянуть, что о действии внушения и о распространении психической инфекции мы не могли составить себе ясного представления до сих пор, пока не были нами ближе выяснены условия, необходимые для осуществления внушения и распространения психической заразы. (...)

Опыт показывает, что такое намеренное прививание тех или других психических состояний удается лучше всего в особом состоянии сознания, которое мы называем гипнозом и которое, на мой взгляд, есть не что иное, как искусственно вызванное видоизменение нормального сна¹.

Как известно, в гипнозе легко удаются самые разнородные внушения... Но опыт показывает нам, что не всегда степень внушаемости идет рука об руку с глубиной сна. Есть очень глубокие степени гипноза, как, например, «летаргическая фаза Charad», которые совершенно недоступны внушению. Напротив того, в других случаях уже слабые степени гипноза отличаются необычайной внушаемостью. (...)

Отсюда ясно, что степень внушаемости определяется не самим гипнозом или сном, а тем особым состоянием сознания или психической деятельности, которое мы имеем в гипнозе, а иногда и в естественном сне.

Эти условия, благоприятствующие внушению в гипнозе, заключаются в том, что при изменении нормального сознания, выражающемся большим или меньшим засыпанием «я» и не исключающем общения с внешним миром или, по крайней мере, не исключающем общения с гипнотизатором, производимые последним внушения входят в психическую сферу непосредственно и независимо от личного сознания гипнотизируемого субъекта, иначе говоря, помимо его «я». Закрепляясь в тех глубинах души, которые мы называем бессознательными и которые вернее было бы назвать скрытыми,

эти внушения впоследствии входят сами собой в сферу личного сознания и, не будучи распознаны как посторонние внушения, подчиняют личное сознание в более или менее значительной мере.

По-видимому, таким образом, вся сущность гипнотических внушений заключается в том, что у загипнотизированного наступает особое состояние пассивности, в силу чего внушения и действуют на него столь подавляющим образом.

Не подлежит, однако, сомнению, что состояние пассивности представляет собой лишь одно из благоприятнейших условий для введения внушения в бессознательную сферу.

Оно составляет лишь подходящую обстановку для внушения, устраняя в большей или меньшей мере вмешательство личного сознания.

Так как однако, это состояние пассивности ничуть не идет рука об руку с глубиной сна, а зависит в значительной степени также от индивидуальных условий, то отсюда очевидно, что и степень восприимчивости к внушениям не стоит в прямом соотношении с глубиной гипноза.

Опыт показывает далее, что гипноз не составляет необходимого условия для внушения, что внушение вполне возможно и в совершенно бодрственном состоянии, следовательно, при наличности воли. Есть лица, у которых внушения могут быть производимы в бодрственном состоянии так же легко и просто, как в состоянии гипноза. (...)

Но суть в том, что эти лица, по отношению к производимым внушениям, веря в их магическую силу, не в состоянии обнаружить никакого психического противодействия.

Благодаря этому внушения входят в их психическую сферу помимо их «я», точнее говоря, помимо их личного сознания, следовательно, прививаются непосредственно, так сказать, в самые недра психической сферы, помимо всякого участия воли, и действуют так же неотразимо на субъекта, как и внушения, производимые в гипнозе. (...)

Мы сейчас имеем в клинике истерическую больную, у которой в бодрственном состоянии так же легко осуществляются разнообразные внушения, как, например, иллюзии, галлюцинация и пр., и которая этими внушениями легко излечивается от разнообразных нервных припадков.

Приведенные примеры, подобных которым я мог бы привести довольно много, не оставляют сомнения в том, что внушения в бодрственном состоянии в известных слу-

¹ Бехтерев В. М. Гипноз и его значение как врачебного средства // Нервные болезни в отдельных наблюдениях. 1894.

чаях могут быть столь же действительными, как и внушения в состоянии гипноза.

Таким образом, для внушения, в сущности, не нужно сна, не нужно даже никакого подчинения воли внушаемого лица, все может оставаться, как обыкновенно, и тем не менее внушение, входящее в психическую сферу помимо личного сознания или так называемого «я», при отсутствии психического сопротивления со стороны внушаемого субъекта, действует с непреодолимой силой на последнего, подчиняя его внушенной идее.

Для доказательства этой истины нет надобности даже обращаться к тем или другим патологическим примерам, так как подобные и притом не менее яркие примеры мы можем почерпнуть и вне клиники. Известно, какую магическую силу имеют в некоторых случаях заговоры знахарей, сразу останавливающие кровотечения, не менее известно и целительное значение так называемых симпатических средств, к которым так охотно прибегали, в особенности в старое время, при сильном распространении веры в эти средства. На этом внушении в бодрственном состоянии основано известное целебное значение королевской руки, магическое действие хлебных пилюль, невиской воды и других индифферентных средств против многих болезней, магическое слово аббата Faria, одним повелением исцелявшего больных, известное в Париже лечение параличных больных одним звуком, пользовавшимся для этой цели лишь повелительным внушением, наконец, многие из тех внезапных исцелений, которые нередко ставят в тупик очевидцев и которые повторяются еще и поныне. <...>

Вообще надо признать, что так как большинство лиц не может удержать себя от невольного сопротивления посторонним психическим воздействиям, то естественно, что намеренное внушение в бодрственном состоянии в более или менее резко выраженной степени удаётся далеко не у всех.

Но совершенно другое мы имеем, когда дело идет не о намеренном, но о совершенно невольном внушении, производимом при естественном общении одного лица с другим.

Это внушение происходит незаметно для лица, на которого оно действует, а потому обыкновенно и не вызывает с его стороны никакого сопротивления. Правда, оно действует редко сразу, чаще же медленно, но зато верно укрепляется в психической сфере.

Чтобы пояснить этот факт примером,

я напомним здесь, какое магическое влияние на всех производит, например, появление одного веселого господина в скучающем обществе. Все тотчас же невольно, не замечая того сами, заражаются его весельем, приободряются духом, и общество из скучного, монотонного делается очень веселым и оживленным.

В свою очередь, оживление общества действует заразительно и на лицо, внесшее это оживление, в силу чего его душевный тон еще более приподнимается.

Вот один из многих примеров действия невольного внушения, или естественного прививания психических состояний, от одних лиц к другим.

Так как в этом случае дело идет о взаимном психическом влиянии одного лица на других и обратно, то правильнее всего это состояние называть невольным взаимовнушением.

Нужно при этом иметь в виду, что действие невольного внушения и взаимовнушения гораздо шире, чем можно было бы думать с самого начала.

Оно не ограничивается только отдельными более или менее исключительными лицами, подобно намеренному внушению, производимому в бодрственном состоянии, и также не требует для себя никаких особых необычных условий, подобно внушению, производимому в гипнозе, а действует на всех и каждого при всевозможных условиях.

Само собою разумеется, что и в отношении непроизвольного прививания психических состояний существуют различия между отдельными лицами в том смысле, что одни, как более впечатлительные, более пассивные и, следовательно, более доверчивые натуры, легче поддаются непроизвольному психическому внушению, другие же менее; но разница между отдельными лицами существует лишь количественная, а не качественная, иначе говоря, она заключается лишь в степени восприимчивости к намеренному, или невольному, внушению со стороны других лиц, но не более.

Невольное внушение и взаимовнушение, таким образом, как мы его понимаем, есть явление более или менее всеобщее.

Возникает, однако, вопрос, каким способом могут прививаться к нам идеи и вообще психическое состояние других лиц и подчинять нас своему влиянию. Есть полное основание думать, что это прививание происходит исключительно при посредстве органов чувств.

В науке неоднократно возбуждался вопрос о мысленном влиянии на расстоянии

со стороны одного лица на другое, но все попытки доказать этот способ передачи мыслей на расстоянии более или менее непреложным образом рушатся тотчас же, как только его подвергают экспериментальной проверке, и в настоящее время не может быть приведено, в сущности, ни одного строго проверенного факта, который бы говорил в пользу реального существования телепатической передачи психических состояний.

Поэтому, не отрицая в принципе дальнейшей разработки вышеуказанного вопроса, мы должны признать, что предполагаемая некоторыми подобная передача мыслей при настоящем состоянии наших знаний является совершенно недоказанною.

Таким образом, отбросив всякое предположение о возможности телепатической передачи идей на расстоянии, мы вынуждены остановиться на мысли, что прививка психических состояний от одного лица другому может передаваться тем же путем, как передается вообще влияние одного лица на другое, то есть при посредстве органов чувств. (...)

В сущности, невольное внушение и взаимовнушение, будучи явлением всеобщим, действует везде и всюду в нашей повседневной жизни. Не замечая того сами, мы приобретаем в известной мере чувства, суеверия, предубеждения, склонности, мысли и даже особенности характера от окружающих нас лиц, с которыми мы чаще всего обращаемся. Подобное прививание психических состояний происходит взаимно между лицами, совместно живущими, иначе говоря, каждая личность в той или другой мере прививает другой особенности своей психической природы и, наоборот, принимает от нее те или другие психические черты. Происходит, следовательно, в полном смысле слова психический взаимообмен между совместно живущими лицами, который отзывается не на одних только чувствах, мыслях и поступках, но даже и на физической сфере, поскольку на ней вообще может отражаться влияние психической деятельности. (...)

Но нет ничего убедительнее в смысле непосредственной передачи психических состояний от одного лица другому, как передача патологических явлений.

Всякому известно, что истерика, случившаяся в обществе, может повлечь за собой ряд других истерик, с другой стороны, заикание и другие судорожные формы легко передаются предрасположенным субъектам совершенно непосредственно, путем неволь-

ного и совершенно незаметного прививания или внушения.

Не менее поучительные случаи мы имеем в массовых самоубийствах и в так называемых случаях наведенного помешательства.

В тех и других случаях дело идет о действии внушения, благодаря которому и происходит зараза самоубийств, с одной стороны, и с другой — передача болезненных психических состояний от одного лица к другому. Известны примеры, что случаи наведенного помешательства наблюдались в целой семье, состоящей из 4-х, 5-ти и даже 6-ти лиц. Эти случаи представляют, таким образом, уже настоящую семейную эпидемию. (...)

Можно, конечно, подумать, что в вышеприведенных примерах дело идет о таких патологических случаях, которые отличаются особой восприимчивостью к психическим влияниям со стороны других лиц. Однако не подлежит сомнению, что в некоторых случаях передача психической инфекции представляется крайне облегченной и среди совершенно здоровых лиц.

Особенно благоприятными условиями для такой передачи являются господствующие в сознании многих лиц идеи одного и того же рода и одинаковые по характеру эффекты и настроения. Благодаря этим условиям развиваются, между прочим, иллюзии и галлюцинации тождественного характера у многих лиц одновременно.

Эти коллективные и массовые галлюцинации, случающиеся при известных условиях, представляют собой одно из интереснейших психологических явлений. Почти в каждой семейной хронике можно слышать рассказы о видении умерших родственников целой группой лиц.

Известен рассказ об одном поваре на корабле, который неожиданно скончался, что поразило всех пассажиров корабля. Были проведены обычные в таких случаях морские похороны, т. е. труп был спущен в море, и вечером того же дня многие из пассажиров видели умершего повара, идущего за кораблем и ковыляющего на одну ногу. (...) Нечего и говорить, что в развитии этой массовой галлюцинации, так сказать, сквозит влияние внушения. (...)

Не менее известны исторические примеры множественных галлюцинаций. К числу таких исторических галлюцинаций относится, между прочим, известное видение креста на небе с надписью «симъ победишь» — видение, испытанное воинами Константина Великого перед началом решительной битвы. (...)

Следует иметь в виду, что в подобного рода случаях на помощь внушению идет нередко и самовнушение, под которым мы понимаем привнесение психических состояний, обусловленное, однако, не посторонними влияниями, а внутренними поводами, источник которых находится в личности самого лица, подвергающегося самовнушению.

Всякий знает, что человек может построить себя на грустный или веселый лад, что он может при известных случаях развить воображение до появления иллюзий и галлюцинаций, что он может даже вселить в себя то или другое убеждение. Это и есть самовнушение, которое, подобно внушению и взаимовнушению, не нуждается в логике, а напротив того, нередко действует даже вопреки всякой логике.

Кому неизвестно, что достаточно дать волю своему воображению — и оно готово рисовать всевозможные страшные образы в темноте ночи, несмотря на то, что мы можем быть твердо убеждены, что ничего страшного на самом деле не существует.

Но это только один из слабых примеров действия самовнушения, которое в известных случаях может приводить к настоящим обманам чувств. (...)

Путем невольного внушения, взаимовнушения и самовнушения без труда объясняются и многие своеобразные стороны нашего сектанства, выражающиеся в крайне грубых формах.

Кто не помнит еще так недавно проявившегося изуверства Тираспольских беспоповцев погребением и замуравливанием живьем в подземельях 25-ти человек по их собственному желанию. Читая описание этого потрясающего события, пред которым бледнеет всем известный аскетизм буддистов, невольно приходишь к выводу, что так спокойно шли эти сектанты на верную смерть лишь в силу укоренившейся путем внушения и самовнушения идеи о переселении вместе с этим погребением в лоно праведников. (...)

Время не позволяет более останавливаться на этом животрепещущем вопросе; но вся картина самоистребительных происшествий в Терновских хуторах решительно не поддается иному объяснению, если не принять в этом деле влияние внушения и взаимовнушения на почве уже укоренившихся суеверий, сыгравших здесь бесспорно крупную роль².

Не менее ярко сила внушения сказывается в так называемых психопатических эпидемиях.

На этих психопатических эпидемиях отражаются, бесспорно, прежде всего господствующие воззрения народных масс данной эпохи, данного слоя общества или данной местности. Но не может подлежать никакому сомнению, что эти эпидемии развиваются главным образом путем взаимовнушения и самовнушения.

Господствующие воззрения являются только более или менее благоприятной почвой для распространения путем невольной передачи от одного лица другому тех или других психопатических состояний. Эпидемическое распространение так называемой бесоодержимости в средние века, бесспорно, носит на себе все следы установившихся в то время народных воззрений на необычайную силу дьявола над человеком; но тем не менее также бесспорно, что развитие и распространение этих эпидемий обязано главным образом, если не исключительно, силе внушения. (...)

Особенно большими эпидемиями бесноватых, как известно, славится XVII в. Бесноватость, встречавшаяся во все времена, была в полном смысле слова недугом этого века, подобно тому, как колдовство было недугом XVI в., а мания величия и мания преследования являются болезнями нашего столетия. (...)

Таково, очевидно, происхождение судорожных и иных средневековых эпидемий, известных под названием пляски св. Витта и св. Иоанна, народного танца, носящего название тарантеллы, и, наконец, т. н. квинтизма. Даже знакомясь с описанием этих эпидемий современниками, нетрудно убедиться, что в их распространении играло роль взаимовнушение. (...)

Наше современное кликушество в народе не есть ли тоже отражение средневековых демонопатических болезненных форм? И здесь влияние внушенных ранее привитых идей на проявление болезненных состояний неоспоримо.

Известно, что такого рода больные во время церковной службы, при известных возглашениях подвергаются жесточайшим истерическим припадкам.

И здесь повторяется то же, что было и в средние века. Несчастные больные заявляют открыто и всегласно о своей бесоодержимости. (...)

Вряд ли можно сомневаться в том, что если бы наши кликуши, которых встречается немало в наших деревнях, жили

² Подробное описание Терновских событий кроме газет можно найти в статье И. А. Сикорского (Вопросы нервно-психической медицины за 1897 г.).

в средние века, то они неминуемо подверглись бы сожжению на костре.

Впрочем кликушество в народе, хотя еще и по сие время заявляет о себе отдельными вспышками в тех или других местах нашей провинции, но во всяком случае в настоящее время оно уже не приводит к развитию грозных эпидемий, какими отличались средние века, когда воззрения на могучую власть дьявола и бесоудержимость были господствующими не только среди простого народа, но и среди интеллигентных классов общества и даже среди самих судей, которые были призваны для выполнения над колдуньями правосудия и удовлетворения общественной совести.

Тем не менее до сих пор еще не лишены важного социального значения другого рода психопатические эпидемии религиозного характера, которые выражаются развитием некоторых форм сектантства в народе, носящих явные психопатические черты. {...}

Таким образом, явление, в известной мере обусловленное самовнушением, само действует подобно внушению. Но таков уж закон взаимодействия явлений в нашем организме, благодаря которому развивается столь губительно действующий *circulus vitiosus*. {...}

В чем же кроется причина развития подобных явлений и чем обуславливается столь могущественное действие психической инфекции — этого психического микроба, лежащего в основе психических эпидемий?

Мы уже упоминали выше, что распространению психической инфекции, как и развитию обыкновенной физической заразы, способствует более всего известная подготовленность психической почвы в населении или в известном круге лиц. Другим важным фактором в этом случае являются скопления народных масс или народные собрания во имя одной общей идеи, которые сами по себе часто представляют уже результат психической инфекции.

В этом случае должно строго отличать простое собрание лиц от собрания лиц, воодушевленных одной и той же идеей, волнующихся одними и теми же чувствами.

Такого рода собрания сами собою превращаются как бы в одну огромную личность, чувствующую и действующую, как одно целое. Что, в самом деле, в этом случае связывает воедино массу лиц, незнакомых друг другу, что заставляет биться их сердца в унисон одно другому, почему они действуют по одному и тому же плану и заявляют одни и те же требования? Ответ можно

найти только в одной и той же идее, связавшей этих лиц в одно целое, в один сложный и большой организм. Эта идея, быть может, вселена в умы некоторых лиц путем убеждения, но она для многих лиц в таких собраниях, без сомнения, является внушенной идеей. И когда подобное собрание уже сформировалось, когда оно объединилось под влиянием одного общего психического импульса, тогда в дальнейших его действиях главнейшая руководящая роль уже выпадает на долю внушения и взаимовнушения.

Почему толпа движется, не зная препятствий, по одному мановению руки своего вожака, почему она издает одни и те же клики, почему действует в одном направлении, как по команде?

Этот вопрос занимал умы многих авторов, вызывая довольно разноречивые ответы. Но было бы излишне входить здесь в какие-либо подробности по этому поводу; достаточно заметить, что нет никакого основания придерживаться заявленного в литературе мнения об особых «психических волнах», распространяющихся на массу лиц одновременно и способных при известных условиях даже к обратному отражению.

Такие «волны» никем и нигде не были доказаны; но не может подлежать никакому сомнению могущественное действие в толпе взаимного внушения, которое возбуждает у отдельных членов толпы одни и те же чувства, поддерживает одно и то же настроение, укрепляет объединяющую их мысль и поднимает активность отдельных членов до необычайной степени.

Благодаря этому взаимовнушению отдельные члены как бы наэлектризовываются, и те чувства, которые испытывают отдельные лица, нарастают до необычайной степени напряжения, делая толпу существом могучим, сила которого растет вместе с возвышением чувств отдельных ее членов. Только этим путем, путем взаимовнушения, и можно себе объяснить успех тех знаменательных исторических событий, когда нестройные толпы народа, воодушевленные одной общей идеей, заставляли уступать хорошо вооруженные и дисциплинированные войска, действовавшие без достаточного воодушевления.

Одним из примеров таких исторических подвигов народных масс, воодушевленных одной общей идеей, может служить взятие Бастилии и отпор на границах Франции европейских войск, окруживших последнюю в период Великой революции.

Без сомнения, та же самая сила внуше-

ния действует и в войсках, ведя их к блестящим победам.

Нельзя, конечно, оспаривать того, что дисциплина и сознание долга создают из войск одно могучее, колоссальное тело, но последнее, для того чтобы проявить свою мощь, нуждается еще в одухотворяющей силе, и эта сила заключается во внешней той идее, которая находит живой отклик в сердцах воюющих. Вот почему умение поддержать дух войск в решительную минуту составляет одну из величайших забот знаменитых полководцев.

Этой же силой внушения объясняются героические подвиги и самоотвержение войск под влиянием одного возбуждающего слова своего любимого военачальника, когда, казалось бы, не было уже никакой надежды на успех.

Очевидно, что сила внушения в этих случаях берет верх над убеждением и сознанием невозможности достигнуть цели и ведет к результатам, которых еще за минуту нельзя было ни предвидеть, ни ожидать. Таким образом, сила внушения берет перевес над убеждением и волей и приводит к событиям, свершить которые воля и сознание долга были бы не в состоянии.

Но в отличие от последних, внушение есть сила слепая, лишенная тех нравственных начал, которыми руководятся воля и сознание долга. Вот почему путем внушения народные массы могут быть направляемы как к великим историческим подвигам, так и к самым жестоким и даже безнравственным поступкам. Поэтому-то и организованные толпы, как известно, нередко проявляют свою деятельность далеко не соответственно тем целям, во имя которых они сформировались. Достаточно, чтобы кто-нибудь возбудил в толпе низменные инстинкты и толпа, объединявшаяся благодаря возвышенным целям, становится в полном смысле слова зверем, жестокость которого может превзойти всякое вероятие.

Иногда достаточно одного брошенного слова, одной мысли или даже одного мановения руки, чтобы толпа разразилась рефлексивно жесточайшим злодеянием, пред которым бледнеют все ужасы грабителей.

Вспомните сцену из «Войны и мира» на дворе князя Ростопчина, предавшего толпе для спасения себя одного из заключенных, вспомните печальную смерть воспитанника Военно-медицинской академии врача Молчанова во время возмущений в последнюю холерную эпидемию!

Вот почему благородство и возвышенность религиозных, политических и патриотических целей, преследуемых людьми, со-

бравшимися в толпу или организовавшимися в тайное общество, по справедливому замечанию Тарда, нисколько не препятствует быстрому упадку их нравственности и крайней жестокости их поведения, лишь только они начинают действовать сообща³. В этом случае все зависит от направляющих толпу элементов.

До какой степени быстро, можно сказать, мгновенно, часто по внушению, толпа изменяет свои чувства, показывает рассказ Ph. de Ségur⁴ об одной толпе 1791 г., которая в окрестностях Парижа преследовала одного богатого фермера, будто бы нажившегося за счет общества. В ту минуту, когда этому фермеру грозила уже смерть, кто-то из толпы горячо вступился за него и толпа внезапно перешла от крайней ярости к не менее крайнему расположению к этому лицу. Она заставила его петь и плясать вместе с собою вокруг дерева свободы, тогда как за минуту пред тем собиралась его повесить на ветвях того же самого дерева.

Таким образом, в зависимости от характера внушения толпа способна проявлять возвышенные и благородные стремления или, наоборот, низменные и грубые инстинкты. В этом именно и проявляются характеристические особенности в действиях толпы.

Не подлежит вообще никакому сомнению, что объеденные известной мыслью народные массы ничуть не являются только суммой составляющих их элементов, как иногда принимают, так как здесь дело идет об одном только социальном объединении, но и о психическом объединении, поддерживаемом и укрепляемом главнейшим образом благодаря взаимовнушению.

Но то же самое, что мы имеем в отдельных сформировавшихся толпах, мы находим в известной мере и в каждой вообще социальной среде, а равно и в больших обществах.

Отдельные члены этой среды почти ежеминутно инфицируют друг друга и в зависимости от качества получаемой ими «инфекции» волнуются возвышенными и благородными стремлениями или, наоборот, низменными и животными. Можно сказать более. Вряд ли вообще случается какое-либо деяние, выходящее из ряда обыкновенных, вряд ли совершается какое-либо преступление без прямого или косвенного влияния

³ Тард Г. Преступления толпы // Невр. вестник. Т. 1. Вып. 1. Тард Габриель (1843—1904), французский социолог и криминалист. Психологизирова общественные отношения, считал основными социальными процессами конфликты, приспособления и подражания.— Прим. ред.

⁴ Тасне Н. Revol. II. P. 146.

посторонних лиц, которое чаще всего действует подобно внушению. Многие думают, что человек производит то или другое преступление исключительно по строго взвешенным логическим соображениям, а между тем ближайший анализ действий и поступков преступника нередко открывает нам, что, несмотря на многочисленные колебания с его стороны, достаточно было одного подбуряющего слова кого-либо из окружающих или примера, действующего подобно внушению, чтобы все колебания были сразу устранены и преступление явилось неизбежным.

Вообще надо иметь в виду, что идеи, стремления и поступки отдельных лиц не могут считаться чем-то вполне обособленным, принадлежащим только им одним, так как в характере этих идей, стремлений и поступков всегда сказывается в большей или меньшей мере и влияние окружающей среды.

Отсюда так называемое затягивающее влияние среды на отдельных лиц, которые не в состоянии подняться выше этой среды, выделиться из массы. В обществе этот психический микроб, понимаемый под словом «внушение», является в значительной мере нивелирующим элементом и, смотря по тому, представляется ли отдельное лицо выше или ниже окружающей среды, оно от влияния последней делается хуже или лучше, т. е. выигрывает или проигрывает.

В этом нельзя не видеть важного значения внушения, как условия, содействующего объединению отдельных лиц в большие общества.

Но кроме этой объединяющей силы, внушение и взаимовнушение, как мы видели, усиливает чувства и стремления, поднимая до необычайной степени активность народных масс.

И в этом другое важное значение внушения в социальной жизни народов. Это подлежит никакому сомнению, что этот психический микроб в известных случаях оказывается не менее губительным, нежели физический микроб, побуждая народы время от времени к опустошительным войнам и взаимострелблению, возбуждая религиозные эпидемии и вызывая, с другой стороны, жесточайшие гонения против новых эпидемически распространяющихся учений.

И если бы можно было сосчитать те жертвы, которые прямо или косвенно обязаны влиянию этого психического микроба, то вряд ли число их оказалось бы меньшим, нежели число жертв, уносимых физическим микробом во время народных эпидемий.

Тем не менее нельзя не признать,

что внушение в других случаях является тем могущественным фактором, который способен увлечь народы, как одно целое, к величайшим подвигам, составляющим в высшей степени яркий и величественный след в истории народов.

В этом отношении, как уже ранее упомянуто, все зависит от направляющей силы, и дело руководителей народных масс заключается в искусстве направлять их чувства и мысли к возвышенным целям и благородным стремлениям.

Отсюда очевидно, что внушение является важным социальным фактором, который играет видную роль не только в жизни каждого отдельного лица и в его воспитании, но и в жизни целых народов.

Как в биологической жизни отдельных лиц и целых обществ играет большую роль микроб физический, будучи иногда фактором полезным, в других же случаях — вредным и смертельным, уносящим тысячи жертв, так и «психический микроб» в известных случаях может быть фактором в высшей степени полезным, в других случаях — вредным и губительным.

Можно сказать, что вряд ли вообще совершалось в мире какое-либо из великих исторических событий, в котором более или менее видная роль не выпадала бы на долю внушения или самовнушения.

Уже многие крупные исторические личности, как Жанна д'Арк, Магомет, Петр Великий, Наполеон Первый и пр., окружались благодаря народной вере в силу их гения таким ореолом, который нередко действовал на окружающих лиц подобно внушению, невольно увлекая за ними массы народов, чем, без сомнения, в значительной мере облегчалось и осуществление принадлежащей им исторической миссии. Известно далее, что даже одного ободряющего слова любимого полководца достаточно, чтобы люди пошли на верную смерть, нередко не отдавая в том даже ясного отчета.

Не менее видная роль на долю внушения выпадает как мы видели, и при всяком движении умов, и в особенности тех исторических событиях, в которых активную силу являлись народные собрания.

Ввиду этого я полагаю, что внушение как фактор заслуживает самого внимательного изучения для историка и социолога, иначе целый ряд исторических и социальных явлений получает неполное, недостаточное и, быть может, даже несоответствующее объяснение.

В заключение я должен сказать, что избранная мною тема не могла быть исчерпана в короткой беседе, так как она

всеобъемлюща, но те несколько штрихов, которые вы, быть может, уловили в моей речи, дают по крайней мере канву для размышления о том значении, которое имеет внушение в социальной жизни народов, и в той роли, какую оно должно было играть в моменты важнейших исторических событий древних и новых времен. Между прочим, время не позволило мне остановиться на одном в высшей степени важном вопросе, о котором так много было споров еще в самое последнее время. Я говорю о роли отдельных личностей в истории.

Как известно, многие были склонны отрицать совершенно роль личности в ходе исторических событий. По ним личность является лишь выразителем взглядов массы, как бы высшим олицетворением данной эпохи, и потому она сама по себе не может оказывать активного влияния на ход исторических событий. Последние силой вещей выдвигают ту или другую личность поверх толпы, сами же события идут своей чередой вне всякой зависимости от влияния на них отдельных личностей.

Психологические аспекты внушения

В ЭТОЙ СТАТЬЕ прежде всего обращает на себя внимание глубокое понимание проблем, которые и по сей день вызывают недоумение и растерянность у многих специалистов, причем это понимание Бехтерев выражает в точных формулировках. Его утверждение о том, что «личное сознание («Я») при посредстве воли и внимания обнаруживает существенное влияние на восприятие внешних впечатлений, регулирует течение наших представлений и определяет выполнение наших действий» и именно к личному сознанию адресованы логические убеждения, тогда как внушение проникает в психическую жизнь в обход «Я», закрепляясь в бессознательном, и лишь впоследствии и подспудно, оставаясь нераспознанным, входит в сферу личного сознания,— по существу, превосходит не только фундаментальные положения психоанализа (статья написана в конце XIX в.), но и некоторые современные представления, базирующиеся на открытии функциональной асимметрии мозга.

При этом, однако, забывают о внушении, этой важной силе, которая служит особенно могучим орудием в руках счастливо одаренных от природы натур, как бы созданных быть руководителями народных масс. Нельзя, конечно, отрицать, что личность сама по себе является отражением данной среды и эпохи, нельзя также отрицать и того, что ни одно историческое событие не может осуществиться, коль скоро не имеется для того достаточно подготовленной почвы и благоприятствующих условий, но также несомненно и то, что в руках блестящих ораторов, в руках известных демагогов и любимцев народа, в руках знаменитых полководцев и великих правителей, наконец, в руках известных публицистов имеется та могучая сила, которая может объединять народные массы для одной общей цели и которая способна увлечь их на подвиг и повести к событиям, последствия которых отражаются на ряде грядущих поколений.

Действительно, сейчас уже экспериментально показано, что особые состояния сознания, более всего предрасполагающие к внушению (гипноз, аутогипноз), связаны с повышением активности правого полушария мозга, играющего ключевую роль в организации бессознательного психического, и с ограничением логического мышления и сознания, базирующихся на функциональных возможностях левого полушария. Разумеется, Бехтерев не отвечает на вопрос, какие конкретные психологические механизмы ответственны за внушение. Впрочем, на этот вопрос нет окончательного ответа и сегодня: выявление материального субстрата сложного взаимодействия сознания и бессознательного — межполушарной функциональной асимметрии — еще далеко не дает нам полного понимания психологических процессов, развертывающихся на базе этого субстрата. Зато великому неврологу и мыслителю очевидно то, что и сегодня непонятно многим специалистам: состояние гипноза —

это не сущность процесса внушения, а лишь одно из благоприятных его условий, устраняющее вмешательство сознания и способствующее введению внушаемого в сферу бессознательного.

При такой постановке вопроса снимается парадокс внушения в условиях бодрствования и «обычного», по формальным критериям, состояния сознания. А ведь и сегодня в профессиональной литературе обсуждается вопрос о возможности внушения без гипноза и изыскиваются скрытые признаки гипнотического состояния при таком внушении. Но если гипноз — лишь одно из благоприятных условий, значит, возможны и другие, еще не выявленные условия, и психологические механизмы внушения не должны отождествляться с механизмами гипноза. Если в этой связи вновь вернуться к проблеме межполушарной асимметрии, можно утверждать на основе экспериментальных исследований, что относительное доминирование «правополушарного» мышления возможно и вне гипноза или медитации, хотя при этом оно и не столь выражено. И Бехтерев интересно развивает свою мысль, обращая внимание на феномен невольного внушения при естественном общении, особенно эмоционально насыщенном, которое, на первый взгляд, не требует никаких необычных условий.

Размышления о роли эмоционального общения в феномене произвольного внушения являются центральными в статье Бехтерева и представляют самый большой интерес сегодня. Бехтерев во многом предвосхитил развитие психологии общения, ибо сегодня активно обсуждается влияние психологического климата в больших и малых группах как на поведение, так и на здоровье каждого члена группы. Выдающийся западно-германский психиатр и психолог, президент Всемирной ассоциации динамической психиатрии Г. Аммон говорит о «социальной энергии», зарождающейся в группе, которая может носить как конструктивный, так и деструктивный характер. Разумеется, «социальная энергия» — метафора, но действие на человека особого социального климата, возникающего в больших группах, — реальность, порой трагическая.

За несколько десятилетий до возникновения фашистского движения и сталинской диктатуры Бехтерев предостерегал, что воодушевление единой идеей способствует взаимовнушению и самовнушению, причем дальнейшее поведение толпы, людских масс в гораздо большей степени определяется феноменом повышенного внушения, чем самой идеей. Во имя самых благородных идей

в этом состоянии могут совершаться любые чудовищные преступления.

Психологический механизм внушения, в частности повышения внушаемости в больших группах, до сих пор не изучены. Можно, однако, предполагать, что сам эмоциональный контакт вовлекает человека в сложную систему многозначных связей, которые не поддаются рациональному осознанному анализу и уже в силу этого находятся в компетенции «правополушарного», образного мышления и одновременно его стимулируют. Все виды эмоционального взаимодействия — от индивидуальной психотерапии до участия в карнавале — активируют образное мышление, и, может быть, в этом основной секрет их притягательности для человека.

Но Бехтерев абсолютно прав, подчеркивая, что такое состояние само по себе лежит вне сознания долга и нравственных начал, и поэтому для поведения людей в этом состоянии опьяняющего воодушевления огромную роль начинают играть различные направляющие элементы, прежде всего намерения лиц, на которых сфокусировано внимание толпы, кто находится в ореоле объединяющей и воодушевляющей идеи и выступает в качестве индуктора массового внушения. От их воли и намерения часто зависит, куда будет направлена «социальная энергия» группы — на благо дело, как, например, может происходить в сеансах коллективного «снятия» заикания, или на разрушение, как бывает при массовых беспорядках, в том числе после рок-концертов.

Виновата, разумеется, не музыка и не состояние повышенной внушаемости как таковое — виноваты те, кто берет на себя инициативу и направляет людей в состоянии повышенной внушаемости на асоциальное поведение. Бехтерев пророчески предостерегает: «Толпа нередко проявляет свою деятельность не соответственно тем целям, во имя которых сформировалась». Наша история слишком богата подтверждениями этой идеи, чтобы можно было легкомысленно относиться к массовому повышению внушаемости, чему способствуют, в частности, сеансы внушения перед массовой аудиторией. Дело даже не в непосредственном эффекте их воздействия — он неоднозначен и нуждается в отдельном серьезном анализе. Дело в массовом повышении уровня внушаемости, что может в дальнейшем вне всякой связи с этими сеансами проявиться в непредсказуемом направлении.

© В. С. Ротенберг,
доктор медицинских наук
Москва

Первая почвенная карта РСФСР

В. Л. Андроников,

доктор географических наук

Почвенный институт им. В. В. Докучаева АН СССР

ВЫШЛА в свет первая обзорная 16-листная почвенная карта РСФСР (масштаб 1:2 500 000). Это фундаментальное почвенно-картографическое произведение, отражающее современный уровень развития почвоведения в нашей стране (главный редактор — В. М. Фридланд).

Впервые материал о почвенном покрове РСФСР представлен на карте в виде обстоятельной комплексной характеристики почв с выделением четырех почвенно-биоклиматических фаций: Европейской — умеренно-континентальной, Западно-Сибирской — континентальной, Восточно-Сибирской — экстроконтинентальной и Дальневосточной — муссонной, а также 17 горных провинций.

Широтная зональность — наиболее общая природная закономерность, отраженная на карте. Самый северный член этого ряда представлен арктическими, аркто-тундровыми и тундровыми почвами. Впервые почвенный покров северных земель показан на карте столь тщательно и полно, с учетом последних достижений в исследовании этих труднодоступных территорий. Среди тундровых почв впервые, например, отображены специфические почвы тундровых луговин и тундровых пятен, показаны новые типы почв, такие как подбуры темные и светлые и т. д.

На карте четко обозначены характерные для Русской равнины и Западно-Сибирской низменности широтные почвенно-географические зоны: тайги и хвойно-широколиственных лесов

(таежные глеевые, глее-подзолистые, подзолистые, дерново-подзолистые, буро-таежные и др.); широколиственных лесов и лесостепи (бурые лесные, серые лесные, черноземы оподзоленные, выщелоченные, типичные, лугово-черноземные и др.); степей (черноземы обыкновенные, южные, солонцеватые и др.); сухих степей и полупустынь (каштановые, бурые и др.); субтропиков (подзолисто-желтоземные, коричневые, лугово-коричневые и др.).

Менее явно широтная зональность прослеживается на территории Восточно-Сибирской экстроконтинентальной фации. Это связано с особенностями орографии, геологического строения, распространенностью трап-овых покровов, основных пород и известняков, с резко континентальным климатом и многолетней мерзлотой. Здесь развиты таежные мерзлотные почвы, подбуры таежные, палево-, перегноино- и дерново-карбонатные, грануземы и иные почвы.

Весьма специфичны Камчатка с широким набором вулканических пепловых и слоистых почв и Дальневосточная муссонная область с черноземавидными почвами, бурными лесными, подбелами и др.

Отражая следующую фундаментальную почвенно-географическую закономерность — вертикальную почвенно-биоклиматическую поясность — составители карты выделяют на территории РСФСР два основных типа вертикальной зональности почв: северный (тайга, лесотундра, тундра) и южный (степь, лесостепь, тайга, высокогорные луга). В легенде карты отражено все многообразие почв по следующим разделам: почвы,

включая их положение по рельефу; комплексы почв, гранулометрический состав рыхлых пород; петрографо-минералогический состав плотных почвообразующих пород; непочвенные образования.

Впервые на почвенной карте РСФСР и специальной врезке «Сельскохозяйственное использование и структура почвенного покрова» (масштаб 1:15 000 000) показаны типизированные структуры почвенного покрова. В легенде комплексы почв сведены в две большие группы: комплексы арктики и тундры и комплексы степей и полупустынь. Внутри них почвы разграничены с учетом их генезиса и генетико-геометрического строения. На этой врезке и в специальной таблице для 11 экономических районов, природно-сельскохозяйственных зон и горных областей указана освоенность земель (в %) под пашню, многолетние насаждения, сенокосы, залежи, пастбища.

На другой врезке — «Почвенно-экологическое районирование» (масштаб 1:15 000 000) — для зон и провинций равнинных и горных территорий указаны параметры атмосферных, почвенных и экологических режимов.

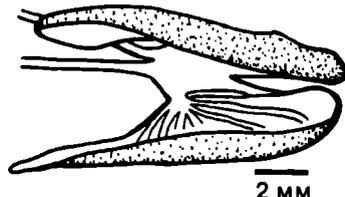
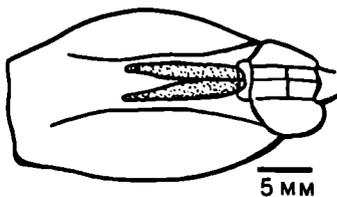
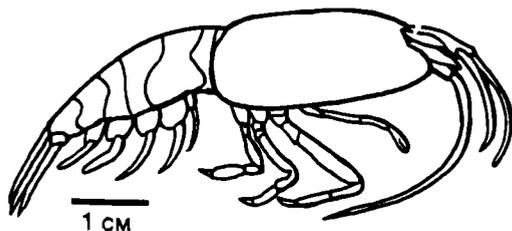
Обзорная почвенная карта РСФСР имеет важное теоретическое и практическое значение; может быть использована для количественного и качественного учета почв, планирования мероприятий по рациональному использованию и повышению их плодородия; при решении вопросов охраны почв и окружающей среды, при почвенно-сельскохозяйственном и других видах районирования, а также в качестве учебно-справочного пособия.

Глаза, чтобы видеть „кипяток“

К. Н. Несис,
доктор биологических наук
Москва

ФАУНА недавно исследованных (в том числе советскими экспедициями с подводными аппаратами «Мир»¹) высокотемпературных излияний на Срединно-Атлантическом хребте в северной Атлантике (на 23 и 26° с. ш., глубина 3600 м) резко отличается от уже хорошо изученных обитателей гидротермальных излияний в восточной части Тихого океана. Вместо гигантских червеобразных вестиментифер и двустворчатых моллюсков в Атлантике преобладают мелкие креветки семейства Bresiliidae, в особенности два недавно описанных вида из эндемичного для атлантической гидротермалы рода *Rimicaris*. Эти беловатые рачки целыми тучами, подобно стае мошкар, выюта у самых выходов горячей воды и питаются свободноживущими хемосинтетическими бактериями, окисляющими сероводород. Это пример самой короткой пищевой цепи: H_2S — бактерии — креветки. Экологическая зона креветок необычайно мала: у выхода «черного курильщика» температура воды 350 °С, креветка там мгновенно сварится, но всего в нескольких сантиметрах температура падает до обычной на таких глубинах — около 2,5°, сероводород окисляется кислородом воды, и бактерии там делать уже нечего. Градиент температуры вблизи устья излияния превышает 100°/см!

На Срединно-Атлантическом хребте обитают два вида римикарисов. Немногочисленный *R. chacei* имеет нормально



Креветка *Rimicaris exoculata* (в в р х у; стрелка указывает место, где у обычных креветок, в том числе *R. chacei*, расположены глаза); головогрудной панцирь римикариса (в и з у, с л е в а) с «грудными глазами» (показаны точками); «грудные глаза» в отпрепарированном виде (в и д с и з у; передние концы органов разделены, чтобы показать положение нервов).

развитые глаза, а массовый вид *R. exoculata* слеп: не только глаза, но и глазные стебельки у него редуцированы. Сотрудница Вудсхолского океанографического института (США) С. Л. Ван-Доувер, изучая биологию римикарисов, обратила внимание на то, что на подводных снимках и видеокадрах на спине креветок отчетливо видны два пятна, отражающие свет прожекторов аппарата, а у поднятых на борт судна и фиксированных спиртом креветок в этом месте простым глазом не заметно ничего особенного. Вскрытие показало, что на спине, под тонким прозрачным панцирем головогруды, лежит

какой-то крупный орган. Изучив вместе с биохимиком Э. Шутс, специалистом по сенсорной физиологии С. Чемберлейном и морским геологом Дж. Р. Канном его строение, она обнаружила, что это — глаз, но совершенно непохожий ни на какой другой в мире животных².

Поистине странный глаз: пара удлинненных органов приблизительно 10 мм в длину и 1,5 мм в ширину, сливающихся на переднем конце; крупные нервы соединяют его с надглоточным нервным ганглием, мозгом креветки. Глаз состоит из множества омматидиев (омматидий — структурная единица фасеточного глаза насекомых и ракообразных), каждый с 5—7 светочувствительными клетками; всего — около 9000 таких

© Несис К. Н. Глаза, чтобы видеть «кипяток».

¹ Михальцев И. Е. // Природа. 1988. № 6. С. 38—39; Лисицын А. П. // Там же. 1989. № 2. С. 38—51.

² Van Dover C. L., Szuts E. Z., Chamberlain S. C., Cann J. R. // Nature. 1989. Vol. 337. № 6206. P. 458—460; Land M. F. // Ibid. P. 404; Pelli D. G., Chamberlain S. C. // Ibid. P. 460—461.

клеток. Омматидии креветки содержат родопсин — зрительный пигмент, входящий в состав фоторецепторных клеток сетчатки разнообразных организмов, в том числе и человека, но, в отличие от обычных омматидиев, здесь нет ни хрусталика, ни другого оптического аппарата, концентрирующего свет, хотя отражающие поверхности имеются, потому-то «грудные глаза» и видны на фотографиях. Иными словами, это глаза без оптики, просто голая сетчатка. Родопсин римикарисов по химическим свойствам близок к родопсину криля, но максимум его чувствительности немного сдвинут в красную сторону спектра — 500 нм вместо 485—495 нм, как у большинства ракообразных. Концентрация родопсина в светочувствительных клетках у римикарисов в 2—7 раз выше, чем, например, у активного по ночам речного рака.

Что может видеть такой глаз? Единственный источник видимого света на таких глубинах — биолюминесценция, но максимум ее энергии приходится на 460—490 нм, а главное — без оптики невозможно определить направление на светящийся объект. Возникло предположение, что глаза слепой креветки видят горячую воду, точнее, излучение нагретой до 350 °С воды. Расчет, произведен-

ный Д. Пелли и С. Чемберлейном, показал, что, хотя тепловое излучение гидротермального источника чуть слабее порога чувствительности человеческого глаза, креветка могла бы видеть его, находясь у самого излияния (не далее 2,3 м). Исследователи, опускавшиеся на подводном аппарате «Алвин», в том числе и сама Ван-Доувер, не видели источника без прожекторов; ничего не запечатлела и высокочувствительная фотопленка, хотя в лаборатории пластинку, нагретую до 375 °С, было видно. Но видит ли излияние креветка?

Ответить на этот вопрос удалось в ходе недавнего спуска «Алвина» в восточной части Тихого океана, где Дж. Делейни применил сконструированную им сверхчувствительную камеру. На сей раз Ван-Доувер пришлось в нетерпении ждать на палубе обеспечивающего судна, пока аппарат с выключенными прожекторами зависал над «черным курильщиком». Наконец, «Алвин» всплыл, открылся люк и Делейни крикнул: «Он светится!» Камера зафиксировала слабое свечение горячей воды непосредственно у устья излияния³. Правда, лишь небольшая часть квантов имеет длину

волны, попадающую в область чувствительности родопсина, так что креветке приходится накапливать сигнал; может быть, поэтому световоспринимающий орган столь велик. Накапливая свет в течение 1 с, креветка может правильно опознать источник свечения с вероятностью лишь 50 %. Но все же увидит ли во тьме «кипяток» глаз может.

Остается, однако, немало вопросов. Главный: зачем надо утратить обычные глаза (к тому же сохраняющиеся у другого вида того же рода из того же местообитания), чтобы выработать совершенно новый орган зрения, столь мало пригодный для нормального видения? Ведь немало глубоководных животных, никак не связанных с гидротермами, тоже имеют редуцированные глаза с сетчаткой, но без хрусталика, правда, на обычном для глаза месте, например слепая рыба ипнопс (*Ipnops turgayi*) или осьминог цирроттаума (*Cirrothauma murrayi*). Может, функция этих глаз вовсе не в том, чтобы видеть тепло? Увы, глубоководные животные с необыкновенно чувствительными органами зрения подобны элементарным частицам; чтобы увидеть их, необходимо воздействовать на них неким прибором (для животных, скажем, ослепить светом прожектора), т. е. изменить их состояние и поведение.

³ Monastersky R. // Science News. 1989. Vol. 135. № 6. P. 90—93.

ВНИМАНИЮ ДЕЛОВЫХ ЛЮДЕЙ!

«Природа» публикует рекламу советской и зарубежной промышленной продукции и различных видов услуг, которые могут быть полезны научным и учебным учреждениям, а также любителям природы.

Рекламный текст направляется в редакцию журнала с гарантийным письмом и указаниями почтового адреса, телекса, телефона и банковского счета рекламодателя

по адресу:

117049, ГСП-1, Москва, Мароновский пер. 26, «Природа».
Международный телекс 411612 IZAN. Тел. 238-24-56.

История ВАРНИТСО, или Как ломали Академию в "год великого перелома"

И. А. Тугаринов,

кандидат геолого-минералогических наук

Институт истории естествознания и техники АН СССР
Москва

СЕЙЧАС многие размышляют над тем, почему пробуксовывает советская наука. Рождаются проекты новых форм ее организации. Нередко при этом возникает соблазн по принципу «новое — забытое старое» реанимировать кое-какой опыт 20-х — начала 30-х годов. А хорошо ли мы разобрались в том опыте?

В этой статье нам предстоит взглянуть проясненными глазами на истинное предназначение могущественной научно-общественной организации, родившейся под громкие звуки фанфар в 1928 г. и лет десять спустя неприметно прекратившей свое существование. Ее название (в те времена над этим не думали) довольно неуклюже — Всесоюзная ассоциация работников науки и техники для содействия социалистическому строительству, или ВАРНИТСО (принятое сокращение почему-то не включало двух последних С).

Прежде чем перейти к рассказу о ВАРНИТСО, напомним, что в первое после революционное десятилетие в нашей стране сложилась система научных организаций, состоящая из трех ветвей: академической науки, ведомственной науки (включая вузовскую), подчиненной НТУ ВСНХ и наркоматам, и учреждений Коммунистической академии.

Собственно ведомственная наука в основном создавалась уже в советские годы (хотя по проектам и при участии старых специалистов). Государственный бюрократический аппарат считал ее своей и во многом контролировал. Комакадемия была еще более близким детищем власти и имела статус высшего научного учреждения страны, как и Академия наук СССР. Однако Академия уже с 1918 г. вызывала раздражение своей независимостью и элитарностью, что вело

к попыткам ее реорганизации. Ученым поначалу удалось приостановить эти попытки, обратившись непосредственно к Ленину.

Вскоре борьба за коренную реорганизацию Академии развернулась с новой силой. Она составляла часть общего процесса, в который были так или иначе вовлечены все научные учреждения и смысл которого сводился к замене ученых старого, традиционного воспитания учеными нового типа. Темпы этого процесса к 1926 г., когда начала выполняться программа индустриализации (XIV съезд ВКП(б) — декабрь 1925), перестали удовлетворять высшее руководство страны. Для ускорения требовались новые рычаги. Одним из них и послужила ВАРНИТСО.

Публикации прошлых лет¹ рисовали деятельность ВАРНИТСО следующим образом. Вела широкую агитацию за повышение политической активности ученых и мобилизацию их на ударную работу во благо социализма. Занималась пропагандой марксистско-ленинского учения. Проводила митинги, демонстрации и конференции. Организовывала марксистско-ленинские университеты и семинары. Но вдумчивому читателю немало давала информация и о том, что в деятельности ВАРНИТСО на начальном этапе проявлялись «левацкие» настроения, стремления подменить работу профсоюзных органов, отношение к Академии наук как оплоту реакции в науке, а также о том, что конфликт с Академией наук под руководством ВКП(б) был ликвидирован в 1932 г.

Однако комплекс документов из Центрального государственного архива народ-

¹ Заков Л. М. Создание и деятельность ВАРНИТСО в 1927—1932 годах // История СССР. 1959. № 6. С. 94—107; Кольцов А. В. Развитие Академии наук как высшего научного учреждения (1926—1932). Л., 1982; Есаков В. Д. Советская наука в годы первой пятилетки. М., 1971; Он же. Наука и социалистическое строительство // Советская культура в реконструктивный период. М., 1988. С. 258—311.

ного хозяйства (ЦГАНХ), к которым только что открыт доступ, позволяет подробнее осветить эту сторону роли ВАРНИТСО в истории советской науки². В архивном фонде ВАРНИТСО особую ценность представляют материалы, относящиеся к периоду ее возникновения. Они обнаруживают скрытые мотивы и тактические планы готовящейся одновременной операции³.

Сама по себе идея союза ученых для содействия социалистическому строительству отвечала духу времени и шла снизу. Она возникла в 1926 г. сразу у нескольких групп ученых в разных городах страны. В частности, имеются документы, подписанные аспирантом И. И. Искольдским, который заручился поддержкой в создании подобного общества у члена президиума коллегии НТУ ВСНХ Л. К. Мартенса и наркома просвещения А. В. Луначарского. Однако дело взяли в свои руки другие люди.

АССОЦИАЦИЯ РАБОТНИКОВ НАУКИ И ТЕХНИКИ ИЛИ «ОТДЕЛ ГПУ»?

Принято считать началом в истории ВАРНИТСО 27 апреля 1927 г., когда впервые собралась инициативная группа по ее созданию, в которую вошли А. Н. Бах, А. И. Опарин, Б. И. Збарский и др. Позже она расширилась до 27 человек, подписавших опубликованную декларацию. Однако, как выяснилось, незадолго до этого, а именно 7 апреля 1927 г., состоялось совещание ведущих представителей аппарата управления наукой, названное в протоколе «Совещанием № 1», которое заложило идейные основы ВАРНИТСО и наметило состав инициативной группы, приемлемый по тактическим соображениям для опубликования в печати.

В нем участвовали А. Н. Бах — член коллегии ВСНХ, заместитель председателя президиума коллегии НТУ ВСНХ и директор Химического института им. Л. Я. Карпова, Б. И. Збарский — заместитель председателя президиума коллегии НТУ ВСНХ (и заместитель Баха по институту), А. Я. Вышинский — ректор МГУ, Ф. Н. Петров — глава Ученого комитета при ЦИК СССР, В. М. Свердлов — председатель президиума коллегии НТУ ВСНХ, А. А. Ярилов — председатель Бюро съездов Госплана.

Председателем инициативной группы, автором проекта (и будущим председателем ВАРНИТСО) стал биохимик Алексей Николаевич Бах, личность яркая и противоречивая. Бывший народоволец, прошедший в эмиграции 32 года, талантливый ученый. В 1917 г. он вернулся в Россию. В 1918 г. активно сотрудничал с М. Горьким, а также опубликовал статью в эсеровском сборнике, направленную против большевиков. В 1923 г. в журнале «Пролетарское студенчество» вскрывал несостоятельность бергсонизма, его связь с витализмом. В 1926 г. заявлял, что политикой не занимается⁴. Тогда же ему как заместителю председателя президиума коллегии НТУ ВСНХ были переданы фактически в подчинение все научно-исследовательские институты этого ведомства. В 1929 г. он был избран действительным членом АН СССР, совместно с А. И. Опариним создал Институт биохимии АН СССР и возглавлял его до 1946 г., т. е. до самой смерти.

Двумя наиболее активными деятелями ВАРНИТСО стали также Збарский и В. М. Свердлов. Борис Ильич Збарский еще студентом Женевского университета выполнял дипломную работу под руководством Баха. Вернувшись в Россию до революции, он заведовал лабораторией Бондюжских химических заводов, куда пригласил Баха сразу после его приезда из Женевы. Здесь они познакомились с видным большевиком Л. Я. Карповым, который позже привлек их для организации Центральной химической лаборатории при ВСНХ, превратившейся затем в Химический институт им. Л. Я. Карпова.

В конце 1920 г. в системе Наркомздрава был создан Биохимический институт с медицинским уклоном, который также возглавили Бах и его заместитель Збарский. В 1924 г. Збарский совместно с другими учеными участвовал в бальзамировании тела Ленина. Позднее стал директором Центрального научно-исследовательского института питания, вошел в число членов-учредителей Академии медицинских наук СССР, возглавлял Лабораторию биохимии рака. В 1952 г. он был арестован и осужден, но вскоре после смерти Сталина, за год до своей смерти, реабилитирован⁵.

Вениамин Михайлович Свердлов — младший брат Я. М. Свердлова. До рево-

² ЦГАНХ. Ф. 4394. Оп. 1. Ед. хр. 1—7, 33. Далее документы из фонда ВАРНИТСО цитируются без ссылок. См. также: Тугаринов И. А. // Вопр. истории естествознания и техники. 1989. № 4. С. 46—55.

³ Об этом см., например: Ипатьев В. Н. Жизнь одного химика (Воспоминания). Нью-Йорк, 1945.; Vucinich A. Empire of Knowledge. The Academy of Sciences of the USSR (1917—1970). Berkeley—Los Angeles—London, 1984.

⁴ Алексеев П. В. Революция и научная интеллигенция. М., 1987.

⁵ Бах Л. А., Опарин А. И. Алексей Николаевич Бах. М., 1957; Кузьмин М. К. Советская медицина в годы Великой Отечественной войны. М., 1979; Шестаковский А. Подвиг ученых // Правда. 1989. 5 апреля.

люции жил в эмиграции в США, владел небольшим банком. В 1918 г. вернулся и некоторое время руководил Наркоматом путей сообщения, затем стал членом президиума ВСНХ, председателем президиума коллегии НТУ ВСНХ, заместителем председателя Всесоюзной ассоциации инженеров, секретарем ВАРНИТСО. В 1937 г. расстрелян⁶.

Но вернемся к документам тайного «Совещания № 1». В первом пункте его решения значится: «Общество содействия строительству социалистического хозяйства должно быть организовано в самое ближайшее время, текст декларации, а также список Инициативной группы должен быть тщательно отредактирован и пересмотрен (предложение тов. Вышинского)». Показательно, что в опубликованном тогда списке инициаторов А. Я. Вышинский и В. М. Свердлов отсутствуют.

В пункте 3 приоткрывались экономические мотивы и цели участников совещания: «Параллельно с организацией общества необходимо в дальнейшем укреплять материальную базу научных учреждений Наркомпроса, НТУ и других ведомств и вместе с тем ослаблять материальную базу Академии наук и к ней примыкающих».

Пункт 4 отражал некую «географическую» специфику. Исторически сложилось, что в Москве, где находились правительственные учреждения, Коммунистическая академия и многие ведомственные институты, политические позиции лидеров научного сообщества несколько отличались от преобладающих взглядов и настроений ученых Ленинграда, где доминировала Академия наук и роль интеллигенции традиционного типа была более заметна. Итак, пункт 4 гласил: «Считать необходимым укрепление Московского Научного Центра, связать его ближе с провинцией, которая настроена против Академии наук и к ней примыкающих». Известно, что провинциальные учреждения больше пострадали от гражданской войны и отставали, как правило, от столичных по уровню культуры (особенно в те годы), что и планировалось использовать для противодействия ученым Академии.

В записке В. М. Свердлова «Общее настроение ученых и технической интеллигенции», подготовленной для обоснования идеи общества, отмечался рост политической активности интеллигенции, начавшей осознавать свою роль в строительстве хозяйства страны. Однако ленинградские ученые ре-

шили противопоставить ВАРНИТСО Комитет по содействию индустриализации страны. В. М. Свердлов указывает также на записку, поданную 45 членами и ученым советом Геологического комитета его директору о пересмотре прав Геолкома (подчиняющегося НТУ ВСНХ). Что же касается Академии наук, то она «занимает явно правое крыло, стараясь сформировать и сгруппировать около себя крупные силы и создать мощную и сильную организацию...». Последние слова, видимо, предназначены вышестоящему руководству, от которого члены инициативной группы, как явствует из материалов, надеялись получить чрезвычайные полномочия для борьбы с опасным противником.

Тенденциозность В. М. Свердлова видна из его оценки отношения руководителей Академии к идее планирования: известно, что они пытались доказать руководству страны порочность этой идеи, но когда решение было принято и стало ясно, что его не изменить, стали сотрудничать с плановыми органами. В записке это квалифицируется как «несомненно двуличная политика Ферсмана и Ольденбурга» (запомним это).

Показав таким образом силу и коварство представителей Академии, В. М. Свердлов констатирует недопустимую слабость своих представителей в Ленинграде: «В Ленинградском отделении ВАИ (Всесоюзная ассоциация инженеров.— И. Т.) мы не имеем ни одного своего человека, а наше влияние на него чрезвычайно ограничено и слабо...»; «что касается политических группировок академиков, то близкими к нам мы можем считать академиков Марра и Иоффе и, может быть, еще некоторых, которые пока что себя не проявили».

Оценивая ситуацию, В. М. Свердлов предлагает: «Против создания Комитета содействия индустриализации страны необходимо организовать выступления в печати. Помимо статей необходимо дать директивы госорганам — не давать заданий этому комитету». В отношении Академии «программа и тактика на ближайшее время сводится к тому, чтобы: ослабить связь Академии наук с союзными республиками и автономными областями, вместе с тем изменить ее устав в вышеуказанном смысле», а именно «чтобы избрание академиков не находилось бы в зависимости от «бессмертных», а в нем принимали бы участие более широкие круги лиц». «Для укрепления Общества ученых и для укрепления научно-исследовательских правительственных учреждений — давать [им] в дальнейшем больше правительственных заданий».

Важен для понимания методов

⁶ Бажанов Б. Кремль, 20-е годы. Воспоминания бывшего секретаря Сталина // Огонек. 1989. № 39. С. 30.

ВАРНИТСО и другой документ, представляющий, видимо, проект решения ее инициаторов. В отношении ученых — «противников советской власти, тайно или явно враждебных социалистическому строительству, но умывших руки, не вмешивающихся в общественно-политическую жизнь и занятых по преимуществу своими «специальными научными и техническими интересами», рекомендовалось «использовать всячески ошибки и промахи руководящей верхушки этой группы для того, чтобы поколебать их авторитет не только за пределами их науки, но и внутри их специальности, поскольку их научный авторитет часто строится на рекламе и ложном гипнозе имен...» Предлагалось наносить «не прямой непосредственный удар по ней, но по их окружению и той массе, которая может их подерживать».

Как видим, эти рекомендации были выработаны уже в 1927 г., до «Шахтинского дела» (1928) и судебных процессов по делу «Промпартии», «Трудовой крестьянской партии», «Союзного бюро РСДРП» (1930—1931) и других, менее известных. Подобная тактика использовалась, например, в отношении В. И. Вернадского. Поскольку этого крупнейшего ученого невозможно было ни репрессировать, ни скомпрометировать, наносились удары по его окружению: в последующие годы высланы, его сотрудник Л. С. Сергеевич, родственница Е. П. Супрунова, арестованы ученики и сотрудники Б. Л. Личков, А. К. Болдырев, В. В. Аршинов, Б. К. Бруновский, В. А. Зильберминц, А. М. Симорин, ближайший друг Д. И. Шаховской и многие другие.

Против ученых, менее полезных социалистическому хозяйству, считалось возможным применение любых методов: «В отношении лиц этой группы..., не обладающих высокой научной квалификацией,— прямая и открытая борьба вплоть до полного их морального уничтожения».

В 1927 г. член инициативной группы Е. С. Гендлер докладывал: «Некоторые инженеры меня спрашивают: что вы такое — филиальное отделение ГПУ, тогда так и скажите; если это партия, то почему вы не вступаете в коммунистическую партию — только потому, что вы не сможете получить тогда таких больших окладов, как теперь получаете (из-за партмаксимума.— И. Т.). Если вы сочувствуете ВСЕМ начинаниям советской власти, то для нас вопрос ясен, мы себе представляли, что и партийцы сочувствуют не всем начинаниям ее, значит, вы большие партийцы, чем члены партии, а так может рассуждать только... отдел ГПУ».

ПРОЕКТ, ОДОБРЕННЫЙ МОЛОТОВЫМ

Процесс организации общества контролировался самыми высокими представителями государства и партии. Среди архивных бумаг можно видеть текст декларации ВАРНИТСО с пометкой: «одобренный Молотовым» (председатель Совнаркома СССР). Сохранилась также копия письма от 16.06.27 Баха члену Политбюро Н. И. Бухарину, где говорится: «В дополнение к беседе, которую мы имели с Вами, когда Вы посетили наш Институт, посылаю Вам копию декларации и список лиц, подписавших ее... Не зная еще Ваших решений относительно нашего общества, мы принуждены пока воздержаться от осведомления широких кругов сочувствующих нашему делу». Скоро эти решения состоялись (по-видимому, на самом высоком уровне), и 15 октября 1927 г. декларация ОРНИТС (так вначале именовалось это общество, с 1928 г. переименованное в ВАРНИТСО) публикуется в «Правде» с восторженными комментариями.

В ходе подготовки к учредительной конференции инициаторы создания ассоциации развернули кампанию в печати, стали систематически выступать на собраниях научных коллективов. О реакции ученых они регулярно докладывали на заседаниях бюро инициативной группы. Из докладов ясно, что многие представители интеллигенции разобрались, к чему приведет создание этого общества.

Агитаторы общества старательно подчеркивали, что в декларации говорится о праве на критику мероприятий власти. Однако и это не помогало. Так, сотрудник Менделеевского химико-технологического института Н. А. Чичинадзе в ответе члену инициативной группы Опарину заявил, что планируемое общество — «это живая церковь и не будет пользоваться успехом, как не пользуется и первая, что интеллигенция за нами не пойдет, так как интеллигенция знает всех лиц, подписавших декларацию».

Однако вскоре в центральной печати начали публиковаться многочисленные резолюции коллективов и общественных организаций в поддержку создания ОРНИТС. Как иной раз создавалась такая поддержка, можно судить по свидетельству Гендлера. Он рассказывал, что соответствующая резолюция на пленуме ВМБИТа (Всесоюзного межсекционного бюро инженеров и техников) «принята без всякого обсуждения, было заявлено: граждане, приехавшие с мест, предлагается вам принять следующую резолюцию, принятую уже Президиумом, и, если вы ее не примете, то этим вы выразите

недоверие Президиуму. Конечно, такая постановка вызвала тяжкое впечатление. Даже партия теперь не прибегает к таким мерам, а если мы говорим, что представляем собой партию, то это и вовсе создает недоуменное предствление». Гендлер еще не понимал, что подобные методы становятся повсеместными.

Этого не понимали многие, в том числе профсоюзные деятели, которые встретили создание ВАРНИТСО с недоумением. «Не надо ОРНИТСО, достаточно профсоюза,— говорили Збарскому в Центральном Бюро Секции научных работников Профсоюза работников просвещения.— Профсоюз есть школа коммунизма. Он уже 10 лет переваривал интеллигенцию и давно всех переварил, а теперь приходят те, кто не работал в организации, и хотят делать ту работу, которую 10 лет делали мы».

Но организационное ядро ВАРНИТСО и тех, кто стоял за ними в партийном аппарате, не устраивала эта позиция или позиция многих членов партии — работников науки, которые считали, «что все обстоит благополучно, что среди интеллигенции нет людей, враждебных социалистическому строительству... что надо интеллигенцию больше втягивать в активную работу... не стоит раздражать их, обостряя вопросы... что завести общество, которое не старается объединить всей массы интеллигенции, а, наоборот, даже стремится ввести водораздел и некоторую борьбу с частью этой интеллигенции,— не следует».

Аппарату нужны были люди, которые занялись бы поиском врагов и их уничтожением. Эту задачу должна была выполнить ВАРНИТСО. После публикации обращения и его поддержки центральной печатью многие ученые решили, что создается очередная массовая организация, и посыпались предложения о вступлении в нее целыми коллективами. Поэтому Бах вынужден был разъяснить в печати, что инициативная группа придает особое значение четкости идейной и политической позиции вступающих в новое общество и что прием в него будет строго индивидуальным. Формировался еще один воинствующий орден.

Тем временем сталинский курс внедрялся все жестче. Открывшийся 2 декабря 1927 г. XV съезд ВКП(б) признал необходимым «особое усиление борьбы на идеологическом и культурном фронте», отметил «враждебное пролетарской диктатуре влияние на определенных слоих служащих и интеллигенции». 21 февраля 1928 г. Устав ВАРНИТСО утверждается на объединенном заседании СНК СССР и Совета труда и обо-

роны. Затем созывается первая конференция ВАРНИТСО (23—26 апреля 1928 г.), которая обсуждает доклады Б. И. Збарского «Интеллигенция и социалистическое общество», О. Ю. Шмидта «О роли высшей школы в социалистическом строительстве», деятельность инициативной группы и задачи ассоциации, а также избирает президиум ВАРНИТСО во главе с Бахом. Ученым секретарем стал Збарский, а затем его сменил В. М. Свердлов.

Организация отделений ВАРНИТСО шла по всей стране. 10 мая 1928 г. отделение ВАРНИТСО было создано в Ленинграде. Проходивший в эти же дни (в мае — июле) в Москве судебный процесс над группой специалистов, обвиняемых во вредительстве, так называемое «Шахтинское дело», еще более активизировал деятельность ВАРНИТСО и помог ассоциации выйти из кризиса, о котором упоминалось в передовой первого номера журнала «ВАРНИТСО»: «...первые шаги деятельности ВАРНИТСО показали, что обстановка работы Ассоциации более трудна, чем можно было бы предположить. Самый факт создания Ассоциации произвел расхождение в среде интеллигенции, и правая часть ее повела борьбу с ВАРНИТСО, угрожая служебному положению и научной работе членов Ассоциации. Ряд лиц, отчасти из боязни политически отмежеваться от правых, ушли из Ассоциации. Часть оставшихся, не находя форм конкретной работы, предалась сомнениям. Пришлось в многочисленных заседаниях, дискуссиях и спорах отстаивать основные методы предстоящей работы ВАРНИТСО»⁷.

Неудивительно, что часть интеллигенции, разобравшись в сути дела, ушла из ассоциации. Что же касается угроз деятелям ВАРНИТСО, то из последующих событий ясно, что смертельному риску подвергался именно тот, кто выступал против ВАРНИТСО.

Напомним, что на съезде ученых в 1929 г. некоторые делегаты, в частности директор Института К. Маркса и Ф. Энгельса Д. Б. Рязанов, высказались за роспуск ВАРНИТСО. Эти выступления были признаны ошибочными. Правда, Рязанова арестовали лишь в 1931 г. Он был исключен из партии, из членов Академии наук СССР и Комкадемии, отправлен в ссылку и в 1938 г. расстрелян⁸.

А кризис ВАРНИТСО, наметившийся в первые месяцы его существования, раз-

⁷ Социалистическое строительство и ВАРНИТСО (передовая) // ВАРНИТСО, 1929. № 1. С. 1—2.

⁸ Смирнова В. А. Первый директор Института К. Маркса и Ф. Энгельса Д. Б. Рязанов // Вспомогательная история КПСС. 1989. № 9. С. 71—84.

решился во многом благодаря Шахтинскому процессу. Судя по тому, что мы узнали о методах деятельности ГПУ и учитывая к тому же неизвестную ранее причастность Вышинского к организации ВАРНИТСО, а также то, что этот факт скрывался, можно предположить, что сроки мероприятий по формированию ВАРНИТСО и политических процессов координировались, чтобы сломить сопротивление «правых» всем комплексом методов.

В 1929 г. в ВАРНИТСО состояло 766 членов. Насчитывалось 24 губернских и областных отделения. В Московское отделение (председатель президиума А. А. Ярилов, ответственный секретарь Б. А. Дунаев) входил 231 человек. В Ленинградском (председатель — профессор В. И. Коваленков, секретарь — инженер А. И. Омельченко) числилось 84 человека.

«СУЕТА» АКАДЕМИКОВ «СОВЕТСКОГО ПОШИБА»

Одной из главных задач ВАРНИТСО было подчинение Академии наук влиянию «левых». В Академии, возглавлявшейся геологом А. П. Карпинским, наиболее активными деятелями были востоковед С. Ф. Ольденбург (непременный секретарь) и геохимик А. Е. Ферсман (вице-президент). Среди академиков они считались «левыми», а среди лидеров ВАРНИТСО — «правыми». В письме сыну-эмигранту, направленном из-за границы, т. е. минуя цензуру, Вернадский пишет, что часть академиков «считает политику Ольденбурга — Ферсмана ошибочной, слишком уступчивой и идущей на ненужные компромиссы»⁹.

Иначе смотрел на это В. М. Свердлов: «В последнее время в связи с выбором вице-президентом Академии академика Ферсмана начинает проявляться большая активность Академии наук, а в связи с тем, что после юбилейных торжеств (200-летия Академии.— И. Т.) ей была создана широкая популярность и она получила возможность непосредственных сношений с президиумом ЦИК союзных республик и автономных областей,— ее значение в стране несомненно выросло. Есть стремление к монополии по организации экспедиций, международных выступлений от имени советской науки, организации международных съездов...»

Весьма красочно выразил свое отношение к Ольденбургу и Ферсману А. В. Лу-

начарский: «...на противоположном полюсе скапливались в Академии силы реакционные. С неудовольствием и исподлобья следили они за «суетой» академиков «советского пошиба». Они были им неприятны, они казались им чуть ли не изменниками, но с их изменой мирились, потому что от этого получалась как раз известная гарантия существования Академии и известные реальные блага. Такие дипломаты Академии более или менее искренне в поте лица своего зарабатывали хлеб насущный не столько для себя, сколько для самой Академии. Они ежедневно находились между молотом и наковальной: с одной стороны, нужно говорить как можно более советским языком, показать как можно сильнее единство еще не реформированной Академии с общими тенденциями культурной работы в нашей стране; а с другой стороны, не оскорбить своих зубров, которые фыркали горделиво на сдачу позиций пришедшему хаму»¹⁰.

Поводом для атаки на Академию послужили выборы ее членов, состоявшиеся в декабре 1928 — феврале 1929 г., когда три кандидата-коммуниста, успешно прошедшие голосование в избирательных комиссиях и отделениях, не получили необходимого количества голосов. Это было расценено как вероломное нарушение предварительной договоренности с правительством.

На заседании ВАРНИТСО Бах рассказывал, как уже после выборов академик И. П. Павлов заявил, что «выбирать в Академию надо мировые величины, а не рядовых людей, какими, без сомнения являются кандидаты в Академию: Деборин, Лукин, Фриче». Его поддержал Китаевед В. М. Алексеев, отметив, что все работы этих трех кандидатов можно прочитать в газетах. Им противостоял сам Бах, только что избранный академиком, который указал, что «Академия приняла на себя обязательства перед правительством, которые не выполнила... и невыполнение обязательств приведет Академию к банкротству». На замечание о том, что перевыборы — это нарушение устава, он ответил: «Лучше нарушить устав, чем быть банкротами».

Предложение Баха о перевыборах поддержали академики С. Ф. Ольденбург, Н. И. Вавилов, А. Ф. Иоффе. По решению Общего собрания Академии, ее Президиум обратился в СНК СССР с просьбой разрешить повторное голосование. «Положение было совершенно неустойчиво: быть или не быть Академии,— сообщал по этому поводу

⁹ Вернадский В. И. Пять «вольных» писем к сыну // Минувшее. 1989. № 7. С. 424—430.

¹⁰ Луначарский А. В. «Неувязка» в Академии наук // Известия ЦИК. 1929. 5 февраля.

сыну Вернадский,— в жизни нашей страны и для нашей культуры значение работы АН в эту эпоху огромного брожения... так велико, что сохранение этого центра дозволяет принести огромные жертвы».

Перевыборы упомянутых кандидатов были разрешены правительством, причем в голосовании предстояло участвовать и вновь избранным академикам. 13 февраля 1929 г. А. М. Деборин, Н. М. Лукин и В. М. Фриче стали членами Академии. Несмотря на эту уступку властям, подчеркивал Вернадский, «принцип: научное значение кандидатов на первом и исключ[ительном] месте в общем победил. Включив в себя огромную часть выдающихся людей страны, связанных фактически со всей госуд[арственной] машиной, Акад[емия] приобрела такой реальной вес, какого никто не ожидал и которого она сама еще не учитывает».

В том году было избрано 42 академика, среди них — видные ученые и крупные организаторы науки. В их число вошли Н. И. Вавилов, Н. Д. Зелинский, А. Е. Чичибин, В. А. Обручев, М. А. Мензбир, а также Г. М. Кржижановский, И. М. Губкин, М. М. Покровский.

Кампания в печати против Академии имела своим результатом не только исправление результатов выборов, поэтому о ней стоит сказать подробнее. Она началась статьей, напечатанной в «Правде» и в «Ленинградской правде» 25 января 1929 г. Ее автор Ю. Ларин среди прочего писал, что Академия «не пустое украшение государственной машины, а одна из важнейших ее частей... результаты выборов заставляют присмотреться внимательнее и проверить, в чьих руках находится до сих пор этот громадный, важный аппарат... По старой пословице «гром не грянет, мужик не перекрестится»... мы не столько собираемся «креститься», сколько «крестить» других».

События развивались по уже привычной к тому времени схеме. Собрания трудящихся поддерживали предложения, выдвинутые в статье члена Коммунистической Академии тов. Ларина «Академики и политика», осуждали блок некоторых новых академиков с реакционерами, требовали организовать широкое обследование деятельности Академии, пересмотреть ее устав. В газетах на протяжении двух месяцев печатались материалы специальной рубрики «Советская общественность требует коренной реорганизации Академии наук». Публиковались фельетоны, в которых сообщалось, кто из членов Академии является денкинцем, принял буддизм, награжден орденом на

аудиенции у папы римского, муслировались и другие подобные «факты».

«Академия»,— писал А. В. Луначарский в «Известиях ЦИК»,— должна была понимать, что она держит экзамен на то... насколько способна выдержать довольно трудную операцию ее советизации». Он ставил вопрос о радикальной реформе Академии.

Естественно, что ВАРНИТСО играла огромную роль как в подготовке выборов, так и в мобилизации общественного мнения после них. На заседании ВАРНИТСО от 3 февраля 1929 г. Вышинский предложил записать в решение, что «попытка правительства изменить лицо Академии, пополнив ее новыми силами, оказалась неудачной и не дала того, что надо Союзу».

Через день в «Правде» и «Известиях» появилась резолюция ВАРНИТСО, касающаяся Академии: «Академия наук в настоящее время еще находится во власти реакционных традиций и кастовой ограниченности. Благодаря этому, при наличии крупных работ отдельных академиков, она не сумела связать свою работу с нуждами и потребностями социалистического строительства и не является организацией, руководящей научную жизнь Союза. Творческая научно-исследовательская работа после Октября пошла в значительной мере мимо Академии наук. ВАРНИТСО считает необходимым настаивать на полной реорганизации Академии наук. Устав Академии наук, ее состав, а также ее роль и место в общей системе научной работы Союза должны быть поставлены на обсуждение широкой общественности».

После того, как пропаганда ВАРНИТСО, Шахтинский процесс и раздувание инцидента с выборами накалили общественное мнение, Наркомату Рабоче-крестьянской инспекции (РКИ) было поручено организовать чистку Академии наук. Весной 1929 г. туда была направлена комиссия во главе с членом коллегии РКИ Ю. П. Фигатнером (в будущем главным кадровиком Наркомтяжпрома). О начале проверки он рассказывал в печати: «Я видел много засоренных аппаратов, но такого, как в Академии наук, никогда. Мы проверили 269 человек. Проверку остальных пришлось отложить до второй половины октября, так как около 400 человек находятся в отпусках или участвуют в экспедициях. 78 человек мы сняли с работы единогласным решением комиссии, из них 26 человек по первой категории» (т. е. без права приема в советские учреждения)¹¹.

Параллельно с этим комиссия искала

¹¹ Известия ЦИК. 1929. 4 сентября.

«компромат» против неугодных руководителей Академии. И, естественно, нашла. В Библиотеке АН СССР, Пушкинском доме и других учреждениях были обнаружены «опасные» политические документы, в том числе оригиналы отречений Николая II и Михаила Романова, документы ЦК партии кадетов. Фракция академиков-коммунистов сочла этот факт «достаточным для уличения Ольденбурга в крупных упущениях». Распоряжением правительства неперемный секретарь Академии С. Ф. Ольденбург был отстранен от должности. Его заменил академик В. Л. Колмаров, организатор отделения ВАРНИТСО на Дальнем Востоке. Вице-президент академик А. Е. Ферсман подал в отставку, которая была принята.

Таким образом, были реализованы два кадровых изменения, намеченных создателями ВАРНИТСО еще в 1927 г. В результате подобной же «проверки», проведенной РКИ в 1928—1929 гг., вынужден был подать заявление об отставке директор Геологического комитета Д. И. Мушкетов. Можно считать, что претензии к Геолкому, высказанные в записке В. М. Свердлова в 1927 г., также были удовлетворены.

КРАСНЫЙ ДИРЕКТОР В РОЛИ СТРЕЛОЧНИКА

Логике последующего террора против науки формировали все более жесткие требования. «...Большой общественный слой, каким являются специалисты, несет перед историей чересчур большую ответственность для того, чтобы он мог оказаться просто в нетях», — писал в 1930 г. К. Б. Радек¹². В подтверждение лояльности нужны были уже не только слова, но и определенного рода действия. Противоречивость «установок» на этот счет усиливала гнет психической атаки.

В апреле 1928 г. на диспуте «Культурная революция и научные работники» Луначарский заявил: «Мы имеем многочисленные случаи, в которых специалисты исполняют приказания, зная, что они неправильны, и при этом говорят: «а мне что за дело?» Это есть, в сущности говоря, саботаж. Если специалист видит, что администратор делает глупости, и ему, специалисту, это ясно, но он об этом не говорит, то он — саботажник. Это ясно. Под категорию таких работ можно подвести очень многое: всякие экспертизы, открытия и усовершенствования, лаборатор-

ные работы, направленные на то, чтобы вернуть ту или иную область науки»¹³.

В том же году на общегородском собрании инженерно-технических работников Москвы лидер ВАРНИТСО Бах дал противоположную оценку такой схеме действий: «Инженерство сваливает вину на недостатки системы, на вмешательство хозяйственника в техническое руководство предприятием. Красный директор фигурирует теперь в роли того легендарного стрелочника, который виноват во всех крушениях поездов». Сравнение поразительно. Чтобы выдать директора за «стрелочника», а ответственность перекидывать на подчиненного ему специалиста, нужно было иметь поистине «вывернутую логику».

В конце концов была выработана единая установка. В мае 1930 г. президиум Московского отделения ВАРНИТСО утвердил рекомендации по общественным методам борьбы с вредительством, производственным и идеологическим. Последнее выражалось в «распространении с кафедры вузов, в учебной и научной литературе теорий, либо враждебных марксизму (идеализм во всех его разновидностях), либо его фальсифицирующих»¹⁴. Понятно, что толкование того, что враждебно марксизму, а что нет, брали на себя сами лидеры ВАРНИТСО и те, кто руководил ими. Рекомендовалось также организовывать общественные суды.

Через месяц журнал «ВАРНИТСО» опубликовал циркулярное письмо центрального бюро «К борьбе с вредительством». А к концу года уже писал: «Представляется совершенно бесспорным, что политическое и всякое иное перевоспитание вредителей — задача априорно бесполозная, чтобы не сказать вредная, как питающая различные иллюзии от толстовских и вплоть до дон-кихотских. Единственный способ обращения с вредителями — не проповедь обращения, но изоляция — и физическая, и общественная. Задача ВАРНИТСО здесь — не в заклеивании обнаруженного вредительства... но в предупреждении и сигнализации вредительств назревающих. Первое для этого условие — максимальная зоркость и неослабная бдительность. Брошенный одним из членов нашей Ассоциации (проф. Збарским) на совещании работников здравоохранения крылатый лозунг — в деле раскрытия вредителей «вызвать на соревнование

¹² Радек К. По ту или другую сторону баррикады // ВАРНИТСО. 1930. № 7—8. С. 5—11.

¹³ Луначарский А. В. Проблемы культурной революции // Науч. работник. 1928. № 5—6. С. 14—25.

¹⁴ Общественные формы борьбы с вредительством (тезисы) // ВАРНИТСО. 1930. № 5. С. 89.

ОГПУ» отнюдь не является ни красным словом, ни тем более парадоксом»¹⁵.

Этому учили на примерах. «Энтузиасты», пытавшиеся создать отделение ВАРНИТСО в ГИПРОМЕЗе (Государственный институт по проектированию металлургических заводов) и не получившие поддержки коллектива и месткома, опубликовали в газете статью о вредительстве в институте. Статья вызвала бурю негодования. На пленуме месткома такие методы были признаны недостойными. Эту позицию поддержали члены ВКП(б). «Вскоре после этого ОГПУ групповыми арестами ряда инженеров ГИПРОМЕЗа дало подтверждение приведенной заметке»¹⁶. Ячейка ВАРНИТСО в этом институте была незамедлительно организована. Происшедшее было отражено на страницах журнала «ВАРНИТСО».

Так постепенно формировался парализующий страх террора. Поэтому репрессии 1936—1937 гг. не вызывали открытых протестов со стороны подавляющего большинства ученых. В этом повинны организаторы и проводники агрессивных действий ВАРНИТСО. Но, конечно, далеко не все члены пресловутой ассоциации. Большая часть из них не могла знать всего, что определяло ход событий, а тем более точно предсказать результаты. Многие надеялись, что ВАРНИТСО может стать обществом ученых, способным повлиять на государственный аппарат, изменить его деятельность к лучшему, тем более что официально провозглашался научный подход к построению нового общества.

В архивной описи сохранилось название (текст уничтожен) доклада Л. А. Шепеля «Всенародное содружество — внесоветское и внеисповедное — во имя науки и совести». Таким хотел видеть ВАРНИТСО автор, и, вероятно, не он один.

Ученые постоянно пытались повернуть ВАРНИТСО на конструктивный путь. В 1929 г. отделение ВАРНИТСО в Ленинграде возглавил Н. И. Вавилов, в его состав вошли известные ученые, и, естественно, политика этой части ВАРНИТСО была более мягкой.

В декабре 1930 г. коллектив (ячейка) ВАРНИТСО был создан в преобразованной Академии наук. Ольденбург после демонстративного снятия с поста неперемного секретаря продолжал бороться за Академию. В январе 1931 г. он вступил, несмотря на противодействие, в ячейку ВАРНИТСО в Ака-

демии (он смог удержаться в составе ВАРНИТСО и во время чистки 1931 г.). Ферсман, выступая перед собранием Ленинградского отделения ВАРНИТСО, призвал решать актуальные проблемы, стоящие перед советской наукой, встать на позитивный путь реального содействия строительству социализма и ставил перед ВАРНИТСО конкретные задачи.

«ПОБОЛЬШЕ ВНИМАНИЯ И ЗАБОТЫ» К СТАРЫМ СПЕЦИАЛИСТАМ

В июне 1931 г. была опубликована статья Сталина «Новая обстановка — новые задачи хозяйственного строительства», призванная сыграть роль, похожую на ту, которую имела статья «Головокружение от успехов» в истории коллективизации. Одним из шести условий развития промышленности значилось: «Изменить отношение к инженерно-техническим силам старой школы, проявлять к ним побольше внимания и заботы, смелее привлекать их к работе — такова задача». Политика подавления научной интеллигенции не была отменена, но была смягчена и некоторое время продолжалась другими методами.

Накал страстей в стране понемногу спал. Преобразованная Академия (дважды менялся ее устав) уже сотрудиничала с ВАРНИТСО, потерявшей часть боевого пыла. В 1932 г. в редакцию журнала «Фронт науки и техники» (совместный орган ВАРНИТСО и профсоюза работников высшей школы и научных учреждений) вошли Ольденбург и Ферсман. В 1933 г. в ВАРНИТСО насчитывалось 15 тыс. членов, и ее ряды продолжали расти. К этому времени она перестала быть организацией узкого круга экстремистов, значение ее размывалось. Однако уже приближалось убийство Кирова и последовавшая за ним новая гигантская волна кровавых репрессий, которая поглотила много и рядовых членов ВАРНИТСО, и ее организаторов.

Точная дата исчезновения ВАРНИТСО неизвестна. В справке Центрального архива народного хозяйства СССР приводится только конечная дата имеющихся документов — 20 марта 1937 г. Кроме того, авторство многих документов этого фонда установить можно только косвенно, подписи под ними отрезаны — автографы «врагов народа» подлежали уничтожению (возможно, были и другие причины). Это затрудняет предъявление персональных обвинений активистам ВАРНИТСО.

Рядом с названиями многих архивных документов по причине аналогичной указанной выше, стоит штамп «выбыло». Это также,

¹⁵ Коровин Е. «Ученые» вредители и задачи ВАРНИТСО. // ВАРНИТСО. 1930. № 9—10. С. 22—23.

¹⁶ Зильберталь. ВАРНИТСО в ГИПРОМЕЗе // ВАРНИТСО. 1930. № 9—10. С. 81.

в свою очередь, не позволяет воздать должное всем тем, кто мудро и самоотверженно отражал атаки ВАРНИТСО и не позволил ей и ее хозяевам сломить Академию в решающий для ее судьбы «год великого перелома», в значительной мере предопределив ситуацию 1936 г., когда не Академия наук была присоединена к Коммунистической академии, а учреждения последней были переданы в систему АН СССР.

И сейчас, обсуждая сложную ситуацию в нашей Академии, нужно учитывать весь

пережитый ею опыт, не умаляя ее заслуг. «В нынешнем виде Академия наук СССР не нужна. Слишком скомпрометировали себя большинство ее членов в прошлом, порочным был порядок их выборов» — эта недавно прозвучавшая фраза¹⁷ как будто списана из резолюций ВАРНИТСО. Поэтому давайте, не покушаясь на разрушение старого дома, пытаться строить рядом другие. Лучше они будут или хуже — покажет время.

¹⁷ Ханин Г. И. Почему пробуксовывает советская наука? // Постижение. М., 1989. С. 167.

ИНФОРМАЦИЯ

МОДУЛИ АЦП/ЦАП

для автоматизации исследований и процессов управления

НПК «ПОИСК-4»

разработан ряд модулей для ввода/вывода данных непосредственно на шину ЭВМ.

В их числе:

10-разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП 1), время преобразования 8 мкс, на входе имеется устройство защиты от неправильного включения;

8-канальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП 2). Число разрядов — 10, время преобразования 8 мкс/канал;

модуль автоматизации (МА 1), состоящий из 8-канального АЦП с разрешением 10 разрядов, цифроаналогового преобразователя — ЦАП (разрешение 12 разрядов, время преобразования — 3 мкс) и двух (8- и 4-разрядного) программируемых каналов ввода/вывода информации в цифровой форме.

Модули предназначены для работы в составе ЭВМ с интерфейсом МПИ (например, «Электроника-60,-85», «ДВК») и конструктивно выполнены на половине стандартной платы ДВК. Модули устанавливаются непосредственно в свободные гнезда монтажной панели ЭВМ.

Цена модулей АЦП 1 — 500 руб., АЦП 2 — 750 руб., МА 1 — 1000 руб.

НПК «ПОИСК-4» может обеспечить:

разработку и изготовление модулей с необходимой заказчику конфигурацией для отечественных и зарубежных персональных ЭВМ;

стыковку изготовленных модулей с аппаратурой заказчика;

разработку необходимого программного обеспечения.

Космические исследования**Экспедиция на «Мире»:
март — апрель 1990 г.**

По программе космического материаловедения на установке «Галлар» А. Я. Соловьев и А. Н. Баландин провели две плавки для получения полупроводника арсенида галлия. С помощью аппаратуры «Данко», рабочий блок которой установлен на внешней поверхности модуля «Квант-2», исследовалось воздействие открытого космоса на физико-механические характеристики полимерных и композиционных материалов.

4 марта на установке «Инкубатор-2» начат советско-чехословацкий биологический эксперимент по изучению невесомости и других факторов космического полета на развитие и наследственность птиц; объектом исследований стал японский перепел. На орбиту в контейнере было отправлено 48 яиц; 43 помещены в термостат, 8 из них зафиксированы на различных стадиях развития зародыша вместе с земными контрольными экземплярами. Из 35 яиц вылупилось 6 цыплят — значительно меньше, чем в контрольной группе. Птенцы появились на свет через тот же срок, что и в контрольной группе. По внешним признакам они казались вполне здоровыми, реагировали на внешние воздействия, на движение, охотно клевали, однако через несколько дней все погибли (в спиртовом растворе их доставят на Землю для последующего изучения).

Экипаж провел несколько серий астрофизических экспериментов на магнитном спектрометре «Мария», в частности, определялась возможная связь интенсивности потоков заряженных частиц высоких энергий и

сейсмической активности на планете.

Много времени космонавты уделяли техническим экспериментам и работам по дооснащению комплекса; так, они ввели в эксплуатацию новую бортовую ЭВМ для управления орбитальным комплексом новой конфигурации.

Для оценки прочности модуля «Квант-2» проводился технический эксперимент, в котором использовались акустические датчики. В общий контур орбитального комплекса была включена система управления гиросtabilизированной платформой с видеоспектральной аппаратурой для геофизических и астрофизических исследований. Портативным спектрометром космонавты измеряли пространственно-энергетические характеристики рентгеновского и гамма-излучения в отсеках комплекса.

Космические исследования**34-й полет по программе
«Спейс шаттл»**

28 февраля в 7 час. 51 мин. по Гринвичу с космодрома м. Канаверал (штат Флорида, США) осуществлен очередной запуск космической транспортной системы «Спейс шаттл». Орбитальной ступенью служил корабль «Атлантис», на борту которого находились 5 астронавтов: Д. Крейтон (командир), Д. Каспер (пилот), Д. Хилмерс, Р. Муллейн и П. Тьюо (специалисты по операциям на орбите).

Полет проводился по программе министерства обороны США, поэтому информация о выполнявшихся работах официально не распространялась. По данным журнала «Эвизйшн уик энд спейс технолоджи»,

основная задача полета — вывод на орбиту нового разведывательного спутника AFP-731 (стоимость от 500 млн до 1 млрд долл. и массой 16,8 т) — космической платформы с оборудованием для сбора разведывательной информации: получения с помощью радара с высоким пространственным разрешением фотоснимков объектов на поверхности Земли и обнаружения целей при любой облачности, а также перехват радио- и телефонных переговоров.

Орбита спутника (высота около 204 км, наклонение 62°) позволяла наблюдать за 80 % территории СССР, включая северные районы, ранее не попадавшие в зону наблюдения разведывательных спутников. Предполагалось, что новый спутник будет находиться на орбите много лет.

За время полета НАСА и ВВС провели эксперимент по определению суммарного излучения, падающего на голову астронавта. Для этого около одного из спальных мешков — там, где должна находиться голова астронавта, — был закреплен череп, покрытый искусственным материалом, по своим характеристикам напоминающим человеческую кожу. Внутри него размещалось около 100 различных датчиков. Подобный эксперимент уже проводился в одном из предыдущих полетов, его собирались повторить во время полета «Дискавери» в апреле.

4 марта «Атлантис» совершил посадку на авиабазе Эдвардс (штат Калифорния); продолжительность полета составила 4 сут 10 ч 18 мин.

По сообщениям американской печати, через несколько дней после вывода на орбиту разведывательный спутник вышел из строя; рассчитывали, что до середины апреля он попадет в плотные слои атмосферы.

сферы и сгорит. Однако, согласно советским источникам, он прекратил существование еще до 8 марта, когда советские средства контроля за космическим пространством обнаружили 4 его фрагмента; первый сгорел в атмосфере 19 марта в 1500 км севернее о. Мидуэй в Тихом океане, остальные вращались на близких к круговым орбитам и должны были сгореть до 12 апреля.

Следующий полет по программе «Спейс шаттл» был запланирован на апрель: корабль «Дискавери» вывел на орбиту космический телескоп «Хаббл».

© С. А. Никитин
Москва

Космические исследования

Япония выходит в «Большой космос»

23 января 1990 г. в Японии, с космодрома Утиноура четырехступенчатой ракетой МЗ к Луне запущен космический аппарат «МУСИС-А». Вначале он вышел на эллиптическую орбиту вокруг Земли, а затем, удалившись на 18 тыс. км, под влиянием тяготения Луны перешел на окололунную орбиту. (Такая же методика, с помощью которой можно отправить аппарат на значительно большее расстояние, чем позволило бы начальное ускорение, была применена при запуске «Вояджер-2».)

Это важный этап в японской космической программе изучения планет. Запланировано также впервые доставить на Землю образцы вещества одной из комет (аналогичное намерение есть и у Европейского космического агентства, но японские специалисты надеются сделать это раньше). В качестве цели выбрана комета Виртанена. Запуск аппарата к ней намечен на 1996 г., встреча и сбор вещества из пылевого облака, окружающего ядро, — на начало 1997 г., возвращение на Землю — на 2001 г. В это же время Европейское космическое агентство предполагает запустить

свой аппарат, который должен совершить посадку на комету и, взяв образец «грунта», вернуться на Землю.

В 1996 г. японские специалисты рассчитывают запустить аппарат к Венере для изучения ее атмосферы с помощью шаров-зондов. Наконец, два японских космических аппарата почти одновременно будут посланы на окололунную орбиту, откуда на поверхность Луны спустят капсулу с научным оборудованием для сейсмологических исследований. Для этих целей разрабатывается более мощная ракета-носитель.

New Scientist. 1990. Vol. 125. № 1700. . 25 (Великобритания).

Астрофизика

В чем причина быстрой переменности радиоизлучения квазаров

Излучение почти всех внегалактических источников перемененно, причем в любом диапазоне спектра — от гамма-лучей до радиоволн. Характерный масштаб переменности — от нескольких суток до нескольких лет. Кроме плотности потока излучения могут меняться и другие его характеристики, например вид спектра, степень поляризации и т. п.

Обнаружение особо быстрой переменности (от нескольких часов до суток) поставило новые вопросы перед исследователями. Ведь если такие вариации возникают непосредственно в центральном источнике, это свидетельствует о его небольших (по астрономическим меркам) размерах, не превышающих ст (с — скорость света, τ — минимальный период переменности), иначе разные части источника не будут связаны друг с другом. Если τ составляет десятки минут (а такие данные имеются), размер источника должен быть сравним с размерами Солнечной системы. Такая «сверхкомпактность» объекта порождает трудности в модели, где излучение вызвано релятивистскими электронами из активного ядра, поскольку яркостная

температура источника оказывается в 10^7 раз выше, чем максимально возможная для оболочек из разлетающихся электронов. Объяснить подобное различие можно, предположив, что наблюдается излучение не электронов, а протонов. Чтобы подтвердить (или опровергнуть) это предположение, необходимы новые наблюдения. Большие надежды возлагаются на космический интерферометр «Радиоастрон», поскольку интерферометры со сверхдлинными базами позволяют детально и с большим угловым разрешением изучать очень яркие и компактные объекты.

Быструю переменность излучения можно объяснить и межзвездным рассеянием, но и это предположение нуждается в экспериментальной проверке. В Институте радиоастрономии Общества им. М. Планка (Бонн, ФРГ), ведя радионаблюдения квазара 0917+624 на волнах 6 и 11 см, обнаружили переменность не только плотности полного потока излучения, но и линейно-поляризованного, причем колебания полного и поляризованного потоков происходили в противофазе: когда поляризованная компонента излучения минимальна, плотность полного потока максимальна, и наоборот. Кроме того, менялся и сам угол поляризации (за 1,5 ч поляризация менялась на 180°). Объяснить эти данные межзвездным рассеянием нельзя.

Видимо, более реальна гипотеза, объясняющая наблюдаемые эффекты прохождением ударной волны вдоль релятивистского выброса из центрального источника. Ее фронт, последовательно пересекая различные части выброса, сильно отличающиеся направлением магнитного поля, порождает радиоизлучение, величина потока которого и степень поляризации быстро меняются. Такой механизм предсказывает и скачок угла поляризации при определенном значении угла, под которым виден выброс. Модель позволяет оценить размер выброса. Так, для квазара 0917+624 он составляет 0,05 пк.

Astronomy and Astrophysics. 1989. Vol. 226. P. L1—L4.

Астрономия

Астероид оказался двойным

Летом 1989 г. Э. Хелин (E. Helin; Паломарская обсерватория, Пасадина, штат Калифорния, США) открыла новый астероид, получивший временное наименование 1989 PB. Он прошел «всего» в 4 млн км от Земли, т. е. примерно в 11 раз дальше Луны. Но и на таком близком (по астрономическим меркам) расстоянии в обычные оптические телескопы он выглядел лишь светящейся точкой.

С. Остро (S. Ostro; Лаборатория реактивного движения, Пасадина) провел наблюдения астероида с помощью одного из крупнейших в мире радиотелескопов обсерватории Аресибо (Пуэрто-Рико). Полученные радиоизображения свидетельствуют, что 1989 PB представляет собой удлинённый объект протяженностью около 1,5 км и примерно 750 м в ширину. Оказалось, что он состоит из двух почти сферических тел (каждое размером менее километра), вращающихся как единое целое.

До сих пор астрономы неоднократно наблюдали, как некоторые астероиды при вращении заметно меняли свою светимость за короткое время. Предполагалось, что это следствие различной отражающей способности каждой из частей двойного небесного тела. Теперь подобный объект наблюдался реально.

Такие астероиды могут образоваться двумя путями: либо в результате столкновения небесных тел, движущихся со столь малыми относительными скоростями, что они не раскалывают друг друга, а становятся «соседями», либо вследствие длительного обращения двух независимых астероидов по сходной орбите, в ходе которого они постепенно сближались. Какой из двух случаев имеет место здесь, пока неясно.

Астероид 1989 PB снова окажется в окрестностях Земли лишь спустя полвека.

New Scientist. 1990. Vol. 125. № 1700. P. 31 (Великобритания).

Физика

Атом водорода имеет «шрамы»

В 1984 г. американский физик Е. Геллер при численном моделировании обнаружил, что волновая функция квантовой частицы, движущейся в миллиарде, который по форме напоминает стадион¹, обладает необычной регулярной структурой². Оказалось, что волновая функция локализована около неустойчивых периодических траекторий соответствующей классической системы. Именно поэтому квантовая частица с наибольшей вероятностью и находится в окрестности этих траекторий. Подобная структура волновой функции была названа «шрамами».

Недавно группа физиков из США и Аргентины с помощью компьютерного эксперимента показала, что именно «шрамы» — причина резкого повышения порога ионизации атомов водорода при действии на них микроволнового поля (подобные результаты в определенных условиях были получены и в лабораторных экспериментах³). Так, вид «шрамов» меняется слабо при изменении амплитуды внешнего поля в широких пределах; этим и объясняется обнаруженное в эксперименте отсутствие (при определенных частотах) зависимости порога ионизации сильно возбужденных атомов от напряженности поля. В классическом пределе «шрамам» в атоме водорода соответствует хаотическое движение электрона.

Итак, есть все основания считать, что квантовые «шрамы» можно увидеть не только на экране дисплея при компьютерном моделировании, но и в реальных экспериментах. Однако, как отмечают авторы работы, пока отсутствует ясное по-

¹ О динамике частицы в бильярдах см.: С и и Я. Г. Случайность неслучайного // Природа. 1981. № 3. С. 72.

² Heller E. J. // Phys. Rev. Lett. 1984. Vol. 53. P. 1515.

³ Эксперименты по квантовому хаосу // Природа. 1990. № 1. С. 104.

нимание физического механизма, приводящего к возникновению этого красивого и универсального физического явления.

Physical Review Letters. 1989. Vol. 63. № 26. P. 2771—2775 (США).

Физика

Туннельный диод на отдельном атоме

Характерная особенность туннельных диодов, широко используемых в электронике, — наличие на их вольт-амперной характеристике участка с отрицательным сопротивлением. Это связано с существованием особой области напряжений смещения на диоде, где туннелирование подавлено или совсем запрещено. Предполагалось, что аналогичная аномалия сопротивления может возникнуть и в контакте сканирующего туннельного микроскопа, где локализованные состояния атомов подложки и иглы создают области разрешенных и запрещенных для туннелирования энергий.

Группа физиков из США и Канады наблюдала подобный эффект на поверхности монокристалла кремния, легированного бором. Образцы приготовлялись отжигом при температуре 1000 °С в высоком вакууме (10⁻¹⁰ мм рт. ст.); в результате поверхность кремния реконструировалась, а в приповерхностном слое выделялись атомы бора, причем располагались они среди атомов кремния так, что непосредственно под поверхностным атомом кремния находился либо внедренный атом бора, либо другой атом кремния. Если игла туннельного микроскопа оказывалась над парой атомов кремния, окруженной парами атомов кремний — бор, то такой центральный атом кремния действовал как туннельный диод. При подаче на иглу отрицательного напряжения (величиной 1,4 В) туннельный ток записался и на вольт-амперной характеристике возникал участок с отрицательным сопротивлением. По виду вольт-амперной характеристики можно было идентифицировать различные состояния атомов на поверхности кремния.

Итак, туннельный диод был образован отдельным атомом. По мнению авторов, использование технологии интегральных схем позволит формировать на одной кремниевой пластине целый комплекс туннельных диодов. Такое устройство может найти совершенно новое, неожиданное применение. Nature. 1989. Vol. 342. P. 258—260 (Великобритания).

Физика

Сверхтонкие пучки света

Из волновой природы света следует, что он не может эффективно проходить через отверстие, меньшее длины волны. Аналогично невозможно образование пучка с поперечными размерами, меньшими длины волны излучения.

Американские и израильские исследователи из Мичиганского университета в Анн-Арборе и университета Хебру в Иерусалиме создали миниатюрный источник света с поперечным сечением выходного отверстия 50 нм, что почти в 10 раз меньше средней длины световой волны. Чтобы свет проходил через столь малое отверстие, пришлось световую энергию превратить в энергию электронного возбуждения вещества — энергию экситонов (пары электрон—дырка в кристалле, которые могут эффективно перемещаться внутри кристалла от атома к атому, перенося энергию). Размер экситонов соизмерим с молекулярными, т. е. около 1 нм.

Основой конструкции новых источников света является микропипетка, имеющая на конце отверстие размером 50 нм. Пипетка, покрытая изнутри металлической пленкой, концентрирует свет, направленный в сторону сужения. Но при этом значительная часть его энергии теряется. Для преобразования световой энергии в месте сужения выращивали микрокристаллы антрацена (которые заполняли весь объем кончика). Когда со стороны широкой части на них падало ультрафиолетовое излучение, в кристаллах возбуждались экситоны, которые, перемещаясь, переносили энергию к самому кончику пипетки. Здесь

экситоны затухали, испуская излучение голубого цвета. Пучок, выходящий из пипетки, имел диаметр 50 нм, почти не менявшийся на расстоянии 20 нм.

Аналогичные подходы применимы при создании различных оптических приборов с более высокой разрешающей способностью, чем у классических устройств. Это, например, экситонный микроскоп, способный воссоздавать изображение отдельных молекул. Возможно также использование новых источников света в оптических запоминающих устройствах вместо лазеров, что, в частности, позволит создать более компактные банки данных.

Science. 1990. Vol. 247. P. 59 (США).

Техника

Установка для эпитаксиального выращивания слоев

Специалисты американской фирмы «Репро технолоджи» (Фримонт, штат Калифорния) создали высокоэффективную установку для эпитаксиального выращивания кремниевых слоев — важного компонента быстродействующих интегральных схем. Ее использование примерно вдвое сократит стоимость полупроводниковой пленки по сравнению с другими методиками. Уменьшение размеров камер низкого давления, в которой выращиваются пленки, снизило расход химических компонентов. Эпитаксиальная пленка толщиной 2 мкм формируется примерно за 2 мин. Кроме того, выращенная в установке новой конструкции, эта пленка имеет значительно меньшую (в 2—3 раза) глубину переходного слоя, что и обеспечивает большее быстродействие получающихся транзисторов.

Возможность монтировать в одной установке несколько камер и выполнять большее число операций сокращает количество манипуляций с пластинами и, соответственно, их загрязнение.

Electronic Design. 1989. № 16. P. 21 (США).

Техника

СВЧ-фильтр из высокотемпературного сверхпроводника

Специалисты Исследовательского центра им. Д. Сарнова (Принстон, штат Нью-Джерси, США) спроектировали и изготовили гребенчатый СВЧ-фильтр из высокотемпературного сверхпроводника. Его максимальная рабочая температура 79 К, т. е. он может работать при температуре кипения жидкого азота (77 К). Коэффициент добротности Q полученного фильтра в 100 раз больше, чем у обычного, на основе меди; так, на частоте 2 ГГц у фильтра из ВТСП-материала Q=3000, а для обычных фильтров Q=30.

Высокотемпературный сверхпроводящий материал, из которого изготовлен фильтр, состоит из тонких пленок смеси оксидов иттрия, бария и меди, наносимых на подложку из лантан-алюминиевого сплава. Технология его изготовления, использующая метод импульсного лазерного осаждения, освоена фирмой «Белл коммьюнически резерч».

Electronic Design. 1989. № 16. P. 21 (США).

Техника

Молекулярные цепи в компьютерах будущего

В компьютерных системах новых поколений кремниевые полупроводниковые элементы, очевидно, будут вытеснены молекулярными системами, носителями информации в которых станут молекулы, а базовыми компонентами — проводящие молекулярные цепи.

Т. Байн и П. Энзель (Т. Vine, P. Enzel; Университет в Нью-Мехико, США) используя структуру цеолитов, получили трехмерные цепи проводящих полимеров. Дело в том, что некоторые полимеры, такие как полипиррол, полианилин и политиофин, пропускают электрический ток вдоль своих цепей. Однако в процессе полимеризации

зации возникают неконтролируемые сплетения этих цепей (которые нельзя выстроить в определенном порядке). Чтобы преодолеть эту трудность и заставить цепи расти в определенном направлении, и была проведена полимеризация внутри кристаллической матрицы цеолита (этот алюмокремниевый минерал имеет трехмерную структуру, состоящую из хорошо выраженных пор и каналов).

Цеолиты способны выборочно абсорбировать некоторые молекулы и ионы определенного размера и формы, благодаря чему их широко применяют в качестве катализаторов и поглотителей. В данном случае (для получения полимеров) цеолит вначале сорбировал ионы железа или меди, затем его погружали в раствор (или пары) пиррола, тиофина или анилина. Эти мономеры в присутствии ионов металлов полимеризовались внутри пор цеолита, образуя упорядоченную трехмерную структуру из множества цепочек. При этом кристаллическая структура цеолита играла роль каркаса для синтезируемого полимера.

Применение трехмерных молекулярных цепей в радиоэлектронике позволит уменьшить размер компонентов электронных схем до тысячных долей микрона, в то время как в кремниевых элементах этот размер не менее 0,1 мкм.

New Scientist. 1990. Vol. 125. № 1700. P. 32 (Великобритания).

Техника

Новый полимерный материал для микроэлектроники

Сотрудники американской фирмы «Доу кемикэл» (Мидленд, штат Мичиган) синтезировали полимерные материалы на основе бензоциклобутанов (БЦБ). Новые материалы обладают свойствами, делающими перспективным их применение в электронике, например, в качестве изолирующих пленок в многослойных тонкопленочных многокристалльных модулях.

Для таких модулей необходимы полимерные материалы с электрическими и механическими свойствами, которые с

одной стороны, позволяли бы уменьшить расстояние между соединительными дорожками (т. е. значение диэлектрической постоянной должно быть мало), а с другой — при термической обработке не меняли бы свои размеры (что ведет к их разрыву). Эти параметры у БЦБ значительно лучше, чем у применяемых сейчас полиимидных пленок: на частоте 1 кГц диэлектрическая постоянная БЦБ равна 2,66 и коэффициент потерь — 0,001 (у полиимидных пленок 3,2—3,5 и 0,002 соответственно). Кроме того, БЦБ-пленки значительно меньше поглощают воду (диэлектрическая постоянная резко увеличивается при водопоглощении); после нахождения в воде в течение 24 ч при температуре 100 °С они поглощают только 0,5 % воды (по массе), в то время как полиимидные пленки — 2—3 %.

Electronic Design. 1989. № 5. P. 30 (США).



Мидии контролируют чистоту воды

В Нидерландах разработан новый метод оценки качества воды, поступающей в систему городского водоснабжения: фирма «Дельта консалт» совместно с несколькими научными институтами создала установку «Мидия». Восемь мидий, в которые вмонтированы миниатюрные электронные датчики, прикрепляются к пластине из нержавеющей стали и помещаются в воду. С помощью электроники определяется степень раскрытия у них створок раковин. Данные поступают в центр сбора информации, расположенный на берегу водоема. Если в течение примерно 5 мин у шести из восьми мидий раковины остаются закрытыми, можно говорить о наличии источника загрязнения, поскольку в чистых водоемах моллюски обычно держат створки раковин открытыми, пропуская сквозь себя воду.

Вообще же мидии чрезвычайно чувствительны к загряз-

нению воды; чтобы установить, каков предельный уровень чистоты, который можно контролировать с их помощью, необходимо провести серию долгосрочных экспериментов.

Сейчас опытный образец установки «Мидия» проходит испытания на одном из химических заводов для контроля сточных вод. Вторая установка используется для определения количества хлоридов, выделяемых при очистке систем охлаждения электростанций. Третий образец совместно с другими типами датчиков (в том числе и биологическими, использующими дафний), контролирует качество воды в реке.

New Scientist. 1989. Vol. 124. № 1695. P. 24 (Великобритания).

Химия

Успех химического синтеза

Группа химиков под руководством японского ученого Йосито Киси (Yoshito Kishi; Гарвардский университет, США) осуществила синтез сложнейшего органического соединения палитоксина (Palytoxin). Это яд, выделенный из морских кораллов рода Palythoa, самое ядовитое вещество из известных сегодня. Для уничтожения кролика достаточно дозы 0,025 мкг/кг, а мыши — 0,45 мкг/кг. Полная структура палитоксина была расшифрована в 1981 г. Его молекулярная масса 3000 Д (в 10 раз больше, чем у антибиотика левомицетина), брутто-формула $C_{129}H_{223}N_3O_{54}$.

В 1972 г. английский химик Р. Вудворд осуществил полный химический синтез витамина В₁₂, наиболее сложного из известных тогда природных веществ. Это потребовало 12-летних усилий химиков двух континентов.

Новая победа в органическом синтезе: И. Киси поднялся на свой «химический Эверест». Чтобы синтезировать громадную молекулу, содержащую 64 асимметрических центра (атомы углерода с четырьмя различными заместителями), ученые использовали классические приемы и реакции органической хи-

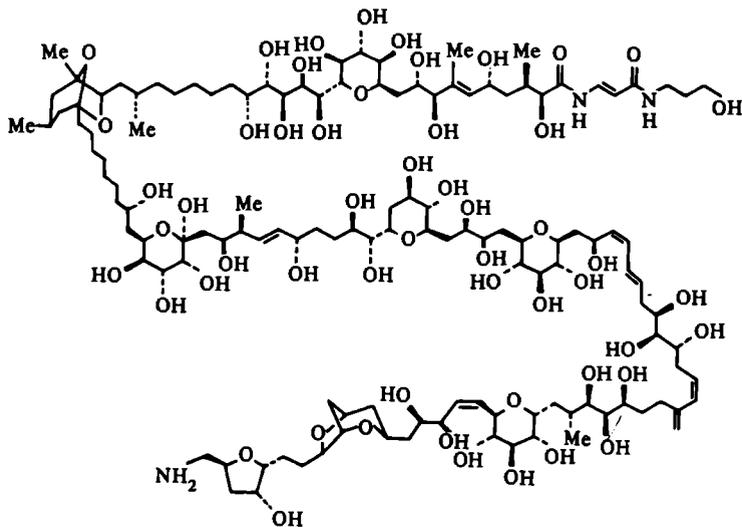


Схема структуры палитоксина. Me — метильная группа (CH₃).

мии, катализируемые переходными металлами реакции «сшивания» отдельных фрагментов палитоксина, а также ряд специфических приемов, получивших развитие в последние годы специально для синтеза соединений с определенной пространственной структурой. Контроль оптической чистоты синтезированных фрагментов палитоксина ученые проводили с помощью ЯМР-спектроскопии. Структура палитоксина приведена на рисунке.

Nature. 1989. Vol. 342. № 6247. P. 227—228. (Великобритания).

Химия

Как разрушить фосфорорганику

Среди множества пестицидов и различных лекарственных препаратов немало фосфорорганических соединений. Некоторые из них (например, зарин, зоман, табун) обладают нервно-паралитическим действием. Проблема гидролиза и детоксикации фосфорорганических соединений — одна из важнейших в химии фосфора.

П. Хаммонд с сотрудни-

ками из государственного университета химической защиты, штат Мэриленд, США) обнаружили, что такие фосфорорганические соединения, как эфиры фосфорных и фосфиновых кислот, легко гидролизуются в водной среде при pH 7,5—8,2 в присутствии орто-йодозобензойной кислоты и некоторых ее производных. Так, период полураспада раствора зомана (10^{-3} M) в водном растворе этой кислоты ($7,5 \cdot 10^{-4}$ M) составляет примерно 15 с; конечным продуктом гидролиза является фосфорная кислота.

Итак, найден новый способ эффективного и быстрого разрушения фосфорорганических соединений с образованием нетоксичной фосфорной кислоты, дополняющий ферментативный гидролиз и другие известные методы. Механизм гидролиза изучается.

Journal of the American Chemical Society. 1989. Vol. 111. № 20. P. 7860—7866 (США).

Молекулярная биология

Нуклеиновые кислоты для биосенсоров

Ю. М. Евдокимов и другие (Институт молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта АН СССР) предложили использовать нуклеиновые кислоты в качестве основы для создания биосенсоров.

Биосенсоры — это аналитические устройства (или системы), содержащие биологический материал, контактирующий с преобразователем, который превращает биологический сигнал в измеряемый электрический. Важнейший элемент биосенсора — чувствительный биодатчик.

Биосенсоры на основе нуклеиновых кислот создаются с учетом двух особенностей этих биополимеров. Во-первых, азотистые основания нуклеиновых кислот способны с высокой точностью создавать комплементарные пары, во-вторых, жесткие участки этих молекул, образующие двухцепочечную структуру, при определенных условиях образуют разные типы жидких кристаллов. С учетом первой особенности в качестве биодатчика биосенсоров используют одноцепочечную ДНК, иммобилизованную за счет ковалентного присоединения к носителю (например, к нитроцеллюлозе или нейлону). В основе действия такого биосенсора лежит принцип «узнавания» азотистыми основаниями одноцепочечной нуклеиновой кислоты комплементарных оснований другой цепи нуклеиновой кислоты, присутствующей в исследуемом растворе. В результате образуется комплекс, физико-химические и биологические свойства которого отличаются от свойств исходных нуклеиновых кислот. Его образование обнаруживается по включению в его состав меченых радиоактивными изотопами нуклеиновых кислот.

Основой для биосенсоров могут служить и двухцепочечные нуклеиновые кислоты, образующие жидкокристаллические структуры. Такие биодатчики позволяют оценивать присутствие в исследуемых растворах красителей, антибиотиков, а также ферментов, распознающих определенные последовательности нуклеиновых кислот.

Образование жидкокристаллических структур и их взаимодействие с красителями исследователи регистрировали оптическими методами (по спектрам кругового дихроизма).

Молекулярная биология. 1989. Т. 23. Вып. 6. С. 1581—1588.

Биохимия

«Мертвый» грунт Луны

Вопрос о происхождении органических соединений на нашей планете и во Вселенной до сих пор остается открытым. Е. А. Кузичева и И. Л. Малько (Институт цитологии АН СССР) показали возможность термического (160°) синтеза нуклеотидов (составной части нуклеиновых кислот). В частности, из уридина и неорганического фосфата им удалось получить циклические монофосфаты уридина, присутствующие в живых организмах.

В поисках объяснений содержания органических соединений в лунном грунте (10^{-2} — 10^{-4} %) ученые предприняли попытку синтезировать нуклеотиды в присутствии лунного грунта, доставленного на Землю автоматической станцией «Луна-16». Оказалось, что лунный грунт сильно подавляет процесс синтеза, снижая выход нуклеотидов с 17,8 до 1,6 %.

Роль лунного грунта как ингибитора при образовании нуклеотидов, а возможно, и других органических соединений, позволяет по-новому взглянуть на проблему происхождения органических соединений в космическом пространстве и на факты обнаружения таких соединений в космических телах.

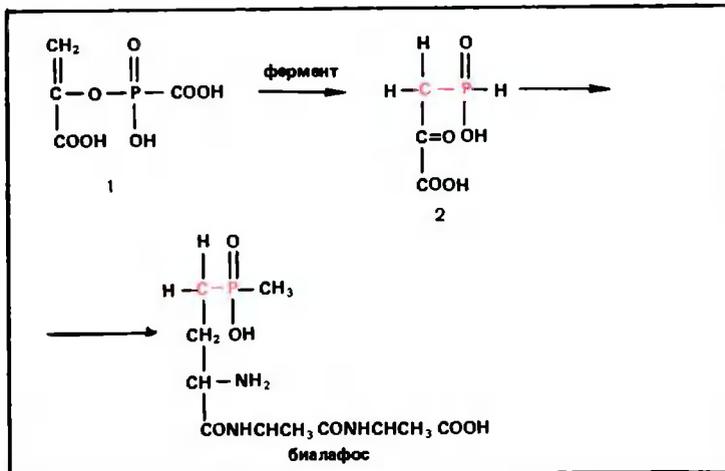
Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 1989. Т. 25. № 6. С. 697—702.

Биохимия

Фермент синтезирует фосфор-углеродную связь

Т. Хидака и Х. Сето (Т. Hidaka, H. Seto; кафедра прикладной микробиологии Токийского университета) выделили и охарактеризовали фермент, синтезирующий фосфорорганические соединения (со связью фосфор — углерод).

До недавнего времени считалось, что в природе нет таких соединений. Их синтез был монополией химиков, которые весьма преуспели в этом.



Ферментативный синтез биалафоса из карбоксифосфоенолпирувата (1) через образование фосфинопи-

рувата (2). Связь фосфор — углерод выделена цветом.

Впервые природный фосфонат — 2-аминоэтилфосфоновую кислоту — выделили в 1959 г. Затем фосфонаты нашли в бактериях, грибах, некоторых высших организмах.

Вопрос о механизме биосинтеза природных фосфонатов долго оставался открытым. При изучении стадий биосинтеза фосфорорганического гербицида биалафоса (продукта *Streptomyces hydroscopicus* SF-1293) обнаружили, что реакция протекает путем внутримолекулярной перегруппировки исходного соединения (1) через промежуточное (2) (см. рис.). Новый фермент, катализирующий образование промежуточного соединения авторы назвали карбоксифосфоенолпируватфосфомутазой. Фермент получен в гомогенном состоянии; это мономер с молекулярной массой 32 000 Д.

Ферменты, способствующие синтезу фосфорорганических соединений, по мнению авторов, представляют интерес не только для понимания путей метаболизма, но и, возможно, препаративного экологически чистого синтеза этих соединений, обладающих высокой биологической активностью (среди них фунгициды, антибиотики, противовирусные вещества).

Journal of the American Chemical Society. 1989. Vol. 111. № 20. P. 8012—8013 (США).

Биохимия

Перекись водорода в процессах фотосинтеза

В последние годы интенсивно изучаются структура и функции фотосистемы 2 — части фотосинтетического аппарата растений и водорослей, осуществляющей окисление воды и выделение молекулярного кислорода. Однако механизм этих процессов пока не известен, хотя предполагалось, что окисление воды фотосистемой 2 происходит с образованием перекиси водорода как промежуточного продукта.

Для проверки этого предположения Г. М. Ананьев и В. В. Климов (Институт почвоведения и фотосинтеза АН СССР) выделили препараты фотосистемы 2 из листьев растений и облучали их микросекундными световыми импульсами. С помощью чувствительного люминол-пероксидазного метода обнаружено образование перекиси водорода, причем это соединение появлялось после первой же вспышки света и его количество не зависело от присутствия кислорода. Если же заменить воду на искусственные доноры электронов — аскорбат или гидроксилламин, перекись водорода не образовывалась.

Итак, показано, что ключевая реакция фотосинтеза — окисление воды до кислорода — осуществляется растениями через образование промежуточного продукта — перекиси водорода.

Биохимия. 1989. Т. 54. № 10.
С. 1587—1597.

Генетика

Антисмысловые РНК подавляют работу гена

В генной инженерии часто необходимо ослабить или вообще остановить экспрессию определенного гена, чтобы избавиться от обусловленного им нежелательного признака. Это очень сложно — легче встроить новый ген, чем «выключить» уже работающий. Однако недавно разработан новый подход к подавлению экспрессии генов с использованием так называемых антисмысловых РНК.

С этой целью в геном встраивают полинуклеотидный фрагмент, комплементарный гену, экспрессию которого нужно остановить, причем этот фрагмент не должен содержать интроны (участки гена, не несущие информации). Затем его соединяют с промотором (участком ДНК, с которого начинается синтез РНК данного гена). После включения сконструированного гена в геном в клетке синтезируется антисмысловая матричная РНК. Она комплементарно связывается с РНК, синтезируемой «нормальным» геном, и образует стабильную двухцепочечную структуру (аналогичную структуре ДНК). Это связывание прекращает синтез белка по «нормальной» РНК, делая ее недоступной для рибосом. Кроме того, двухцепочечная РНК избирательно разрушается ферментом рибонуклеазой, и клетка избавляется от этой РНК.

Эксперименты на бактериях, животных и растениях показали, что подобный подход приводит к желаемым результатам. Например, при биосинтезе флавоноидных пигментов (природных фенольных соединений) основным ферментом является халконсинтаза. Ген, кодирующий этот фермент, выделили и изучи-

ли, после чего синтезировали комплементарную копию кодирующего участка этого гена, соединенную с нормальным промотором¹. Сконструированный ген встроили в геном клеток табака и петунии. В обоих случаях это привело к ослаблению синтеза халконсинтазы и пигментации цветков у трансгенных растений. Однако у разных трансгенных растений и даже в разных клетках одного растения синтез фермента подавлялся в различной степени, в результате чего их цветки были окрашены неравномерно (мозаичность на лепестках). Вероятно, у трансгенных растений антисмысловая нуклеотидная последовательность оказалась встроена в различные участки генома, из-за чего менялось количество образующейся антисмысловой РНК.

Другой фермент — полигалактуроназа — при созревании плодов разлагает пектиновые вещества клеточных стенок, приводя к размягчению плодов. Выделив из клеток помидора ген, кодирующий этот фермент, синтезировали «антисмысловую» ген, соединенный с промотором, и «встроили» его в геном клеток помидора, получили плоды, содержащие в 10 раз меньше полигалактуроназы; при этом их вкус и пигментация остались неизменными². К сожалению, оказалось, что плоды все равно размягчаются, т. е. даже небольшое количество фермента ведет к разложению клеточных стенок. Чтобы избежать этого, необходимо полностью подавить экспрессию данного гена, вводя в геном не одну, а несколько антисмысловых последовательностей, что увеличит количество антисмысловой РНК.

Итак, включение в геном растения антисмысловой нуклеотидной последовательности подавляет экспрессию «вредного» гена, причем эти последовательности стабильно передаются по наследству. Разработанный подход позволит получить селекционно ценные формы растений. Благодаря ему можно избавить-

ся от нежелательного признака, что практически недостижимо в традиционных методах селекции.

© М. В. Смит
Москва

Генетика

Бомбардировка клеток в генной инженерии

При использовании методов генной инженерии для введения сельскохозяйственных растений, особенно злаковых, возникает ряд трудностей. Их можно преодолеть, бомбардируя клетки и ткани растений мельчайшими шариками вольфрама, покрытыми ДНК. Первые опыты в 1980-е годы проводили на клетках лука, табака, риса, пшеницы и сои, причем успех был достигнут на модельных системах табака и сои, где частота трансформации оказалась стабильной и довольно высокой, а перенесенные гены наследовались в семенных поколениях.

Американские исследователи экспериментировали на кукурузе. Культуру клеток помещали на фильтровальную бумагу и в вакууме бомбардировали частицами вольфрама диаметром 1,2 мкм, на которых были адсорбированы молекулы кольцевой плазмидной (внехромосомной) ДНК с двумя маркерными генами: геном устойчивости к канамицину и геном β-глюкуронидазы. Из «обстрелянной» культуры выращивали каллусы (ткань на месте повреждения) на среде с канамицином для отбора устойчивых, трансформированных клеточных линий. Устойчивые к канамицину каллусы проверяли на присутствие второго маркерного гена с помощью гистохимической реакции окрашивания. Таким образом были получены стабильные клеточные линии; частота трансформации составляла 1 на 5000 «обстрелянных» клеток.

Метод позволяет работать с неповрежденными клетками и тканями, получая стабильную трансформацию клеток с высокой частотой. Это вселяет надежду на то, что в будущем он может получить широкое распространение в генной

¹ Smith C. J. S. et al. // Nature. 1989. Vol. 334. P. 726—729.

² Van der Krol A. R. et al. // Nature. 1989. VI. 333. P. 866—869.

инженерии сельскохозяйственных культур.

Plant Physiology. 1989. Vol. 91. № 1. P. 440—444 (США).

Иммунология

Антитела из растений

А. Хиатт с сотрудниками (А. Hiatt; отдел молекулярной биологии Клиники Скриппса при Исследовательском институте Ла Джолья, штат Калифорния, США) получили антитела из растений. Известно, что антитела, представляющие собой белки — иммуноглобулины, состоят из тяжелых и легких цепей. Исследователи ввели гены, кодирующие эти цепи (полученные из клеток мышей) в клетки растений табака (в одни растения — гены легких цепей, а в другие — тяжелых). Когда растения выросли и зацвели, их скрестили между собой. Оказалось, что некоторые растения табака, полученные при скрещивании, не содержали ни генов, ни белков мышечных антител. Другие вырабатывали только легкие или только тяжелые цепи антител. И, наконец, часть растений синтезировала настоящие антитела, содержащие и легкие, и тяжелые цепи, и не отличающиеся по специфичности от антител из клеток мыши.

Это открывает возможность получения моноклональных антител в широких масштабах более простым и дешевым, чем известные, способом. Авторы считают, что такие же результаты можно получить и на других растениях, например бобах сои, содержащих немного белков. Заманчивы и перспективы выведения растений, устойчивых к патогенным вирусам.

Nature. 1989. Vol. 342. № 6245. P. 76—78 (Великобритания).

Физиология

Нейроны и субъективное восприятие

Н. Логотетис и Дж. Шелл (N. Logothetis, J. Schell; Массачусетский технологический институт, США) предложили новый подход для изучения взаимосвязи между субъективными переживаниями и физиологическими процессами в мозге.

Авторы регистрировали нейронную активность коры мозга обезьян в области, важной для анализа движения объектов в поле зрения. При конкуренции восприятия правым и левым глазом обезьяна одно и то же движение стимула могла воспринимать как движение вправо или влево. Активность большинства нейронов коррелировала изменениям в сетчатке глаза, в которой специфически отражались характеристики стимула. Исследователям удалось показать, что активность некоторых нейронов отражала субъективное восприятие направления движения. Они надеются с помощью разработанного метода исследовать корреляцию работы нейронов с восприятием зрительных образов.

Science. 1989. Vol. 245. № 4919. P. 761—763 (США).

Вирусология

Открыт еще один вирус гепатита

Известно, что острое инфекционное заболевание, поражающее печень больного, — гепатит — вызывается вирусами трех видов: один вызывает гепатит А (болезнь Боткина), другой — гепатит В (сывороточный) и третий — так называемый «ни А, ни В». Более 90 % случаев гепатита, передающегося через кровь при переливании, относятся к типу «ни А, ни В». В половине случаев острые заболевания гепатитом «ни А, ни В» переходят в хроническую форму, приводящую к циррозу печени.

Выделить вирус этого вида удалось недавно группе американских исследователей под руководством М. Хаустона (M. Houston; Эммервил, штат Калифорния). Они предположили, что в крови больных гепатитом «ни А, ни В» вирус присутствует в небольших количествах, из-за чего его трудно выделить.

Им удалось переливанием крови больного вызвать это заболевание у шимпанзе, и уже из крови животного выделить вирус-возбудитель. Затем вирус был клонирован генноинженерными методами и идентифицирован с помощью антител, присутствующих в крови больных этой разновидностью гепатита. Вирус назвали вирусом гепатита С.

Правильно диагностировать гепатит «ни А, ни В» по клинической картине заболевания весьма сложно. Тест, разработанный авторами и основанный на выявлении специфических антител в крови больных, значительно повышает точность диагноза. Гепатит «ни А, ни В» обнаружили у 17 из 24 больных, которым переливали кровь, и у 34 из 59 больных, не имевших точного диагноза болезни.

Предложенный метод диагностики гепатита «ни А, ни В» успешно апробирован в ряде стран и должен скоро войти в практику.

Science. 1989. Vol. 244. P. 359—362 (США).

Медицина

Наркотики и разрушение мозга

В последнее время показано, что разрушение нейронов мозга под действием токсинов (фенилэтиламина и производных амфетамина) происходит в результате их взаимодействия с рецепторными белками мембран клеток, активируемыми аспарагиновой кислотой и глицином.

К. Финнеган с сотрудниками (К. Т. Finnegan; Институт медицинских исследований, Сан-Хосе, Калифорния) обнаружили, что токсическое действие наркотика 3,4-метилендиоксиметамфетамина (МДМА) также вызвано этим механизмом и может быть блокировано предварительным введением вещества — антагониста активирующего аминокислот, связывающегося с рецепторами, чувствительными к N-метиласпартату. Наркотик МДМА вызывает галлюцинации у человека и широко распро-

странен в США и других западных странах, где известен под названием «экстаз». Однако за такой «экстаз» приходится платить разрушением собственного мозга.

Neuroscience Letters. 1990. Vol. 105. № 3. P. 300—306 (Нидерланды).

Медицина

Ультразвук и искусственное оплодотворение

Для лечения бесплодия широко применяется искусственное оплодотворение и последующая пересадка зародыша в матку. Но эффективность метода низка — всего около 20 %. С чем же это связано?

Обычно яйцеклетки брали, проводя пункцию фолликулов яичника, и помещали их в специальную среду, где при осеменении оплодотворялись 70—80 % яйцеклеток. Однако при пересадке зародышей в матку большинство эмбрионов гибло — только 20—25 % пересаженных зародышей имплантировались в стенку матки¹. Для успешной имплантации необходимо чтобы эндометрий — слизистая оболочка матки, подвергающаяся в течение всей жизни женщины циклическим изменениям, в момент введения зародыша была в наиболее благоприятном состоянии. До сих пор его определяли, исследуя кусочки слизистой, полученные хирургическим путем, что связано с осложнениями и дополнительным стрессом у женщин.

В Женской клинике Ульмского университета (ФРГ) состояние эндометрия оценивали методом ультразвуковой эхографии². У 30 женщин, лечившихся от бесплодия, измеряли сосудистое сопротивление в артериальной системе внутренних половых органов до и после пересадки эмбриона. Сопротивление в артериях яичника во время цикла не менялось, а в маточных артериях — снижалось, причем у забеременевших значительно сильнее.

Использование ультразву-

ка для определения гемодинамических показателей позволяет оценить состояние слизистой оболочки матки без травмирующего хирургического вмешательства. Дальнейшая разработка этого метода и внедрение его в клиническую практику перспективны для решения проблем искусственного оплодотворения.

© Е. В. Фролова
Москва

Медицина

Высокая исследовательская активность — у потенциальных наркоманов!

Можно ли на основе простых и безопасных тестов предсказывать чувствительность организма к наркотикам и вероятность формирования наркотической зависимости? Ответить на этот вопрос попытались французские исследователи во главе с М. Лемоалем (M. Le Moal; Университет Бордо II).

Они измеряли двигательную активность крыс в незнакомой для них обстановке. Обычно незнакомая ситуация пробуждает исследовательские реакции у животных, однако не у всех в одинаковой степени. На основании этого всех подопытных крыс разделили на высоко- и низкоактивных. Оказалось, что сильный стимулятор амфетамин (известный среди наркоманов под названием фенамин) увеличивал двигательную активность в первую очередь высокоактивных крыс. Если через три дня крысам снова вводили амфетамин — действие его усиливалось. Однако это усиление было более выражено у исходно низкоактивных крыс, и уже после четвертого введения крысы обеих групп не различались по величине стимулирующего действия наркотика. Когда же в параллельном эксперименте крыс обучали вводить себе наркотик через внутривенные катетеры нажатиями на педаль, исходно высокоактивные животные обучались почти сразу, а низкоактивные — только после четырех инъекций.

Авторы полагают, что у крыс исследовательская реак-

ция в незнакомой обстановке может служить индикатором предрасположенности к наркотикам.

Science. 1989. Vol. 245. № 4925. P. 1511—1513 (США).

Медицина

Уточняется «география» сифилиса

Получены новые подтверждения того, что очагом возникновения сифилиса является Новый Свет. Ранее считалось, что болезнь существовала на протяжении тысячелетий во всех человеческих популяциях. Известно, что сифилис вызывается возбудителем — бледной трепонемой и в результате развития болезни поражаются кости, в первую очередь черепа и нижних конечностей. На территории штата Индиана недавно обнаружен скелет медведя возрастом около 11 тыс. лет с характерными следами поражения сифилисом.

Б. Бейкер и Д. Армелогос (B. Baker, D. Armelogos; Масачусетский университет), изучив этот и другие скелеты, пришли к выводу, что кости поражены именно сифилисом. Исследователи считают, что первые заболевания человека сифилисом в Южной Америке произошли 3—4 тысячелетия назад. Возможно, что в доколумбовой Америке болезнь распространялась половым путем и протекала без осложнений. Приблизительно к V—VI вв. н. э., когда в бассейне Миссисипи возникли крупные поселения, относится вспышка сифилиса. Наиболее сильно им было поражено население, проживавшее на территории современных восточных штатов США. Испанцы занесли болезнь в Европу, скорее всего, после первой экспедиции Колумба. Когда французский король Карл VIII в начале XVI в. осаждал Неаполь, среди испанских наемников, бывших у него на службе, распространилась неизвестная мучительная болезнь; сейчас полагают, что это был сифилис.

Geographical magazine. 1989. Vol. 61. № 6. P. 52 (Великобритания).

¹ Navot D., Laufer N. // J. Reprod. Med. 1989. Vol. 34. № 1. P. 3—7.

² Grab D. et al. // Fertilität. 1989. Vol. 5. № 2. P. 61—64.

Биология

Пуантилизм в природе

Кто не любовался полотнами художников-неоимпрессионистов Жоржа Сёра, Поля Синьяка и других, их мягким треплетным колоритом, обилием оттенков и мерцающей перспективой! Их секрет — в особой технике исполнения: разные пигменты не смешивают друг с другом, как поступали прежде, а наносят точками (пуантами¹) или мелкими квадратными мазками один возле другого так, что ощущение требуемого цвета возникает в результате оптического смешения лучей в глазу зрителя. Сходный принцип передачи цвета лежит и в основе современной растровой полиграфии: краски наносят раздельно мельчайшими точками разной густоты, что приводит к аддитивному смешению отраженных ими лучей. Так же воспроизводятся цвета на экране телевизора благодаря трем типам пространственно разделенных люминофоров.

Энтомологи всегда с удовольствием наблюдают за красивыми жуками-скакунами — проворными хищниками, хорошо маскирующимися на почве или среди густой травы благодаря тусклой пастельной расцветке тела. Недавно американские исследователи Т. Шульц и Г. Бернард², изучая с помощью электронного сканирующего микроскопа и микрофотометрируа покров скакуна *Cicindela oregona*, обнаружили, что его окраска не пигментная, как думалось раньше, а интерференционная; она возникает в результате смешения двух типов цветных лучей, появляющихся на микроструктурах кутикулы. Надкрылья жука сплошь испещрены шестигранными точками диаметром 13 мкм. Каждая такая точка — многослойный интерференционный фильтр, причем группы из 5—8 сине-зеленых (с максимумом отражения около 500 нм) точек строго чередуются

с группами красных (максимум — около 660 нм) точек. Так — у коричневой морффы жука, а у темной, обитающей на других почвах, тускло-зеленые пятна менее регулярно распределены среди пурпурных (максимумы — у 400 и 660 нм). Благодаря такой расцветке, меняющей оттенок под разными углами зрения, достигается высокий маскировочный эффект.

Очевидно, и у наших средне-европейских жуков-скакунов, например изящного нежно-изумрудного полевого скакуна *Cicindela campestris*, а также видов иных семейств жуков (жужелиц и т. п.) окраска обусловлена аддитивным смешением различных интерференционных цветов.

Оказывается, природа давно изобрела принцип, до которого импрессионисты додумались лишь в конце прошлого века, а инженеры — и того позже.

© Г. А. Мазохин-Поршняков,
доктор биологических наук

Москва

Биология

Ехидна впадает в спячку

Даже специалисты не подозревали, что австралийская ехидна (*Tachyglossus aculeatus*) на зиму погружается в спячку. Правда, еще в 1915 г. зоологи наблюдали, как подопытные животные в холодный сезон находились в оцепенении целую неделю, но заключили, что так происходит лишь в случае долгого содержания в клетке. Около 10 лет назад М. Оги (M. Ougee; Университет штата Новый Южный Уэльс, Сидней, Австралия) утверждал, что ехидна становится неподвижной от голода, но это нельзя назвать спячкой. И лишь недавно тот же Оги совместно с Г. Григгом и Л. Бэрд (G. Grigg, L. Beard; Университет штата Квинсленд, Брисбен) пришли к иному заключению.

В конце зимы — начале весны они обнаружили в горах на территории Нового Южного Уэльса следы ехидны выше линии снегового покрова. Значит, животное должно было либо пройти несколько километров

по снегу, либо провести зиму в норе под снегом. В конце лета 1987 г. исследователи ввели миниатюрные радиопередатчики в брюшную полость трех самцов и двух самок; прибор измерял также и температуру тела. За 10 месяцев наблюдений удалось проследить за передвижениями животных и изменениями температуры тела. Летом, когда ехидна активна, ее температура, независимо от состояния среды, поддерживается в пределах 31—33 °С; на отдыхе в тени снижается на 4°. Зимой же целых 6 месяцев она находится на уровне 3—9 °С. Однако и в это время — что совсем странно — раз в 2—3 недели она быстро (за 12 ч) повышалась до 30—32 °С и оставалась на этом уровне в течение 1—2 суток. В такие периоды ехидна нередко начинала «суетиться», перебегая с места на место, но потом опять цепенела.

Ехидна принадлежит к одному из двух семейств однопроходных млекопитающих, несущих яйца (другое — утконосы), и относится к самым примитивным из млекопитающих. Новое открытие — не просто еще один факт из жизни животных: оно серьезно повлияет на теорию эволюции теплокровных организмов. Дольше полагали, что «классическая» спячка, временами прерываемая периодами повышения температуры тела вплоть до нормальной, свойственна лишь млекопитающим, далеко ушедшим в своем развитии от примитивной ехидны. Теперь же приходится посмотреть на нее как на некую ступень в совершенствовании приспособительных механизмов к сезонным изменениям погоды. Возможно, ехидна стоит где-то между экзотермными животными, чья температура зависит от внешних источников, например нагрева солнцем, и эндотермными — теплокровными.

Загадкой остается источник энергии спящей ехидны: в ее организме нет «бурых жиров», как у плацентарных млекопитающих, однако замечено, что, прежде чем впасть в спячку, ехидна «нагуливает» вес.

Comparative Biochemistry and Physiology. 1989. Vol. 92A. P. 609; New Scientist. 1989. Vol. 124. No. 1685. P. 30 (Великобритания).

¹ От франц. point (пуант) — точка.
² Schultz Th. D., Bernard G. D.
// Nature. 1989. Vol. 337. P. 72—73.

Биология

«Рабочая полиция» у медоносной пчелы

У общественных перепончатокрылых насекомых рабочие особи (самки по генотипу) обычно не спариваются, но в некоторых случаях откладывают неоплодотворенные яйца, из которых развиваются самцы¹. Даже у такого высокосциального вида, как медоносная пчела, исчезновение матки в семье ведет к тому, что у отдельных рабочих начинают развиваться яичники и появляется способность откладывать неоплодотворенные яйца, из которых впоследствии выводятся трутни. Чтобы проследить, как реагируют рабочие особи в нормальной семье на яйца, отложенные их собратьями, Ф. Л. В. Ретник и П. К. Висшер (Университет штата Калифорния) поставили оригинальные эксперименты².

Пчелиную семью разделили перегородкой на два отсека, в один из которых не могла проникать матка. Когда рабочие в безматочном отсеке начинали откладывать яйца, их аккуратно извлекали и перемещали в отсек с маткой. В одни трутневые ячейки клали яйца, отложенные рабочими, в другие — маткой. Тестовые ячейки прикрывали сетью, пропускавшей рабочих, но не матку (чтобы она не уничтожила чужие яйца). Во всех вариантах эксперимента выделявшаяся из семьи функциональная группа пчел — «рабочая полиция» — быстро различала типы яиц: к отложенным маткой относилась лояльно, отложенные рабочими уничтожала. Достоверных различий в реакции на яйца из собственной семьи или неродственных семей не отмечено. Следовательно, пчелы не могут определить степень своего родства



Срок сохранности неоплодотворенных яиц в пчелиной семье (одни из экспериментов).

с неоплодотворенным яйцом, зато способны установить, отложено ли оно маткой (не важно, своей или чужой) или рабочими. В сумме из 1461 яйца матки сохранилось через 24 ч 661 яйцо, или 45 %; из 1340 яиц, отложенных рабочими, сохранилось 9, или 0,7 %. В разные дни реакция «рабочей полиции» даже в одной и той же семье могла меняться.

Может быть, яйца рабочих уничтожаются потому, что они нежизнеспособны? Однако опыты *in vitro* показали, что из яиц матки и яиц рабочих вылупляется примерно одинаковый процент личинок (соответственно 40 и 39 %). Заметим, что хотя к яйцам матки рабочие лояльны, все же они сохраняли их лишь на 45 %. Авторы не обсуждают причин этого, но невольно обращает на себя внимание примерное совпадение процента сохранности яиц и их жизнеспособности (40 %).

Каким образом рабочие распознают типы яиц? Очевидно, яйца матки опознаются по наносимому на них маточному феромону, неспецифичному для отдельных семей. Вне яйца, в ячейке, феромона нет: когда яйца рабочих помещали в ячейки, из которых перед тем были извлечены яйца маток, это не спасало яйца рабочих от уничтожения. Интересно, что после появления личинки пчелы заботились о ней независимо от ее происхождения.

Полученные результаты хорошо согласуются с представлениями теории биосоциальности, ставящей во главу угла степень родства особей в семье: матка медоносной пчелы спаривается многократно, поэтому потомки рабочей пчелы генетически менее родственны теткам, чем очередные потомки матки.

© В. М. Карцев,
кандидат биологических наук
Москва



Экология

Судьба коралловых рифов Мирового океана

Коралловые рифы — сложные и биологически разнообразные экосистемы Мирового океана — оказались под губительным воздействием погодных аномалий и особенно антропогенных факторов. Антропогенное влияние настолько нарушило функционирование коралловых сообществ — наиболее продуктивных из всех сообществ океанской биоты, что они уже неспособны восстанавливаться с присущей им былой скоростью.

Эти проблемы легли в основу новой программы Международного союза охраны природы и естественных ресурсов (МСОП) по изучению коралловых рифов. По данным, полученным из более чем 109 стран, оценены последствия воздействия ураганов, низких температур воды, вторжений хищников —

¹ Карцев В. М. Особенности социальной организации насекомых // Природа. 1984. № 9. С. 111; Он же. Регуляция пола у перепончатокрылых // Природа. 1987. № 6. С. 110—111.

² Ratnieks F. L. W., Visser P. K. // Nature. 1989. Vol. 342. № 6251. P. 796—797.

главным образом тернового венца (одной из разновидностей морских звезд), которые поражают до 80 % коралловых построек. Значительное сокращение площади коралловых рифов отмечено в 90 странах, что обусловлено хищническим промыслом рыб, моллюсков и, конечно, самих кораллов. Серьезный урон наносят современные способы рыболовства, особенно применение динамита. Не способствуют сохранению коралловых рифов аквалангисты, ныряльщики, яхтсмены, туристы, проникающие в самые отдаленные уголки Мирового океана. К разрушающим факторам относятся всевозможные инженерные работы в прибрежных водах: углубление дна, намывание грунта, строительство портов и других сооружений, что нередко ведет к изменению системы течений, заилению, загрязнению. С вырубкой лесов под пахотные земли связано увеличение твердого стока в океан и, следовательно, также заиливание коралловых рифов.

Итоги исследований обобщены в изданном МСОП трехтомном труде «Коралловые рифы мира»¹.
Geographical Magazine. 1989. Vol. LXI. № 4. P. 53 (Великобритания).



Новый «Красный список» птиц Швейцарии

В «Красные книги» и «Красные списки» заносятся редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных; швейцарские орнитологи, составляя «Красный список» птиц, пошли по другому пути. В соответствии с новой концепцией ценность выделяемого для охраны природного участка определяется прежде всего состоянием сообщества птиц в целом, а не количеством занесенных в «Красный список» видов. Предпочтение отдается территориям с максимальным разнообразием видов.

¹ Coral Reefs of the World. Cambridge, 1988.

Все 196 видов птиц, гнездящихся на территории Швейцарии, разделены в «Красном списке» на 6 категорий: виды, численность которых находится на критическом уровне; виды с сильно сократившейся численностью; виды, гнездящиеся регулярно, но численность которых из-за ограниченности пригодных местообитаний не превышает сотен пар; виды, для сохранности которых в Европе территория Швейцарии имеет большое значение; виды, которые по биогеографическим причинам или из-за ограниченности мест гнездования имеют численность не более 50 пар и гнездятся во многих местах не ежегодно; виды с высокой численностью и отсутствием тенденции к ее снижению и виды со снижающейся, но еще достаточно высокой численностью. Выделена также дополнительная категория птиц, для которых территория Швейцарии имеет исключительно большое значение в качестве места зимовки.

По сравнению с началом 80-х годов восстанавливается численность сапсана, тетеревятника, перепелятника. С другой стороны, в группу находящихся под угрозой исчезновения видов занесено 10 новых: пустельга, чибис, кукушка, ушастая сова, седой дятел, зеленый дятел, лесной конек, садовая горихвостка, серая славка, галка.

Der Ornithologische Beobachter. 1989. Bd. 86. № 3. S. 235—241. (Швейцария).



Охрана природы

Посетители зоопарков спасают леса

Оригинальный способ сбора средств в фонд помощи быстро исчезающим тропическим лесам нашли в 5 зоопарках, расположенных в районе Сан-Франциско. Здесь установили около 30 счетчиков-копилков, но не для регистрации числа посетителей, а для пожертвований: как только посетитель опустит в копилку 50 центов, на ее экране появится изображение промелькнувшего в чаще леса леопарда. Первые сборы предполагается потратить на

приобретение дополнительных участков земли для Национального парка Гуанакасте на о. Коста-Рика.

International Wildlife. 1989. July—August. P. 28. (США).

Геология

В Балтиморском каньоне — 18-километровая толща осадков

Вдоль континентальной окраины США, от Нью-Джерси до Северной Каролины, протянулся трог Балтиморского каньона, крупнейший осадочный бассейн на шельфе Атлантики. Его заполняют 18-километровая толща мезозойских и кайнозойских отложений. Чем может быть богата эта мощная осадочная толща? Анализ геологических и геофизических данных, проведенный К. Бейером (К. С. Bayer; Геологическая служба в Растоне) и Р. Миллчи (R. C. Milici; Вирджинский отдел минеральных ресурсов в Шарлотсвилле), показал, что в Балтиморском трого могут находиться скопления нефти и газа.

Мезозойские отложения трого представлены молласами — обломочным материалом Аппалачей, эрозия которых началась вслед за континентальным поднятием и раскрытием Атлантического океана в раннем мезозое. Эти отложения можно подразделить на рифтовые и пострифтовые. Первые включают континентальные и мелководные отложения, которыми заполнены домезозойские грабены и полуграбены, покрывающие древнюю кору. Нижняя часть пострифтовых отложений обогащена карбонатными осадками, накопление которых происходило в прибрежных районах. Над ними залегают песчаники. В конце мезозоя и начале кайнозоя преобладали морские условия накопления осадков — шло отложение известняков, песчаников и глин. Кайнозойские аргиллиты, глины и известняки отлагались на шельфе.

В целом кайнозойские и нижнемеловые отложения очень богаты органическим углеродом. И хотя они недостаточно

термически зрелы, в них могут формироваться значительные количества нефти и газа. Подстилающие их юрские осадки содержат в основном углестое органическое вещество, способное продуцировать газ. Однако и эти отложения термически незрелы; генерация углеводородов в них возможна лишь на глубине свыше 4000 м, где находится главная зона нефтеобразования с соответствующим термическим режимом.

Marine Geology. 1989. Vol. 90. P. 87—94 (США).

Энергетика

Опытные ветряные установки Великобритании

Великобритания способна обеспечить свои потребности в электроэнергии за счет силы ветра на 30% — к такому выводу пришла группа исследователей из Эпплтонской лаборатории им. Резерфорда при Британском совете по научно-техническим исследованиям (SERS).

Исследования проводятся на первой в Великобритании опытной ветряной станции. В сотрудничестве с учеными других британских университетов с помощью компьютера симулировано включение ветряной установки в цепь различных по мощности электростанций с целью установить максимальное количество энергии, которое можно получить на подобной установке. До сих пор считалось, что энергия ветра позволит обеспечить лишь 10—20% ежегодной потребности страны, однако результаты опытов показали, что эта величина может составить от 20 до 30%, причем без каких-либо серьезных реконструкций на действующих установках.

Успешно развиваются малые автономные ветряные системы, которые предполагают использовать для снабжения электроэнергией небольших населенных пунктов на островах, а также в районах, удаленных от линий электропередачи. Подобная система готовится для полевых испытаний на одном из греческих островов.

Science and Technology News. 1990. N 241189 (London Press Service).

Океанология

Озоновые дыры и фотосинтез

С. Эль-Сайед (S. El-Sayed) с коллегами на научной станции Пальмер (США) в северной части Антарктиды обнаружили, что увеличение доз ультрафиолетового излучения Солнца у поверхности Земли за счет озоновых дыр в стратосфере влияет на продукцию фитопланктона. Фитопланктон культивировали в открытых емкостях, промываемых океанской водой. Емкости разделили на три группы. Первая группа освещалась излучением, в котором УФ-часть отфильтровывалась, вторая — солнечным светом, а третья — излучением с повышенной УФ-составляющей. Больше всего фитопланктона оказалось в емкостях первой группы, меньше всего — в третьей. Следовательно, озоновые дыры могут привести к замедлению процессов фотосинтеза в фитопланктоне, и снизить продуктивность биоты.

Environmental Science and Technology. 1989. Vol. 23 N 11. P. 1314 (США).

Сейсмология

Мощное землетрясение в Антарктике

23 мая 1989 г. на дне Тасманова моря, в 800 км к юго-западу от Новой Зеландии, произошло самое сильное (магнитуда 8,3 по шкале Рихтера) землетрясение на планете за последние 12 лет. К счастью, толчок не вызвал ущерба из-за удаленности эпицентра от населенных районов.

Сейсмограммы землетрясения изучены американскими геофизиками во главе с А. М. Дзевонским (А. М. Dzeiwonski; Гарвардский университет, Кембридж, штат Массачусетс), Б. У. Пресгрейвом (B. W. Presgrave; Национальный центр сейсмологической информации, Гоулден, штат Колорадо) и Р. Дж. Гордоном (R. G. Gordon; Северо-Западный университет,

Эванстон, штат Иллинойс). Специалисты не только с достаточной точностью определили местоположение очага землетрясения (что делалось и ранее), но и выявили его механизм.

«Виновник» — разлом коры у о. Макуори — вершины одноименного подводного хребта. По этому сложному в геологическом и геофизическом отношении разлому, сопровождаемому многочисленными подводными хребтами и впадинами, проходит граница между Тихоокеанской плитой и южным выступом Австралийской плиты. По мнению Гордона, сейсмические явления здесь объясняются тем, что Австралийская плита перемещается на северо-восток относительно Тихоокеанской, и если бы граница между ними была ориентирована в этом же направлении, они, возможно, двигались бы «бесконфликтно». Однако построенная Гордоном модель указывает, что граница между плитами отклоняется примерно на 20° к западу. В результате соприкасающиеся участки плит время от времени откалываются, что и сопровождается сейсмическими толчками. Это подтверждают данные о зарегистрированных здесь ранее землетрясениях; в некоторых из них накопились в земной коре напряжения разряжаются в ходе «соскальзывания», в других — за счет взгромождения одного блока коры на другой. Очевидно, Макуорское землетрясение связано с обоими типами движений.

Science News. 1989. Vol. 135. № 22. P. 340. (США).

Вулканология

Тепловой режим вулканов

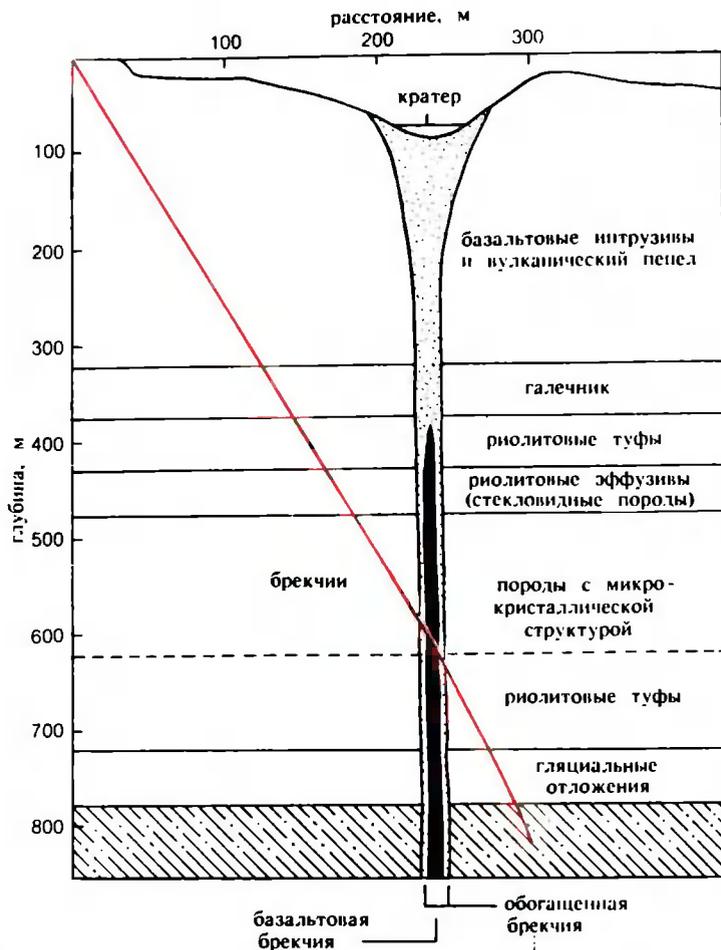
Министерство энергетики США по предложению научной общественности приняло программу исследования геотермальных систем, связанных с недавними (по геологическим меркам) интрузиями магмы в верхние слои земной коры. В первую очередь это активные геотермальные образования вулканов, извергавшихся в послед-

ние 600 лет. Уже пробурены скважины, позволяющие изучать физические процессы у «корней» таких систем.

Исследовались сложенные кремнистыми породами кальдеры Вальес (штат Нью-Мексико) и Лонг-Валли (штат Калифорния), а также центр спрединга в районе Солтон-Си (Калифорния). В долине Лонг-Валли пробурены четыре скважины в вулканических риолитовых куполах и лавовых потоках вулкана Иньо (возраст около 600 лет). Анализ образцов показал, что магма поднималась здесь, образуя, как правило, дайки и освобождаясь от включенных в нее газов по мере роста вулканических куполов. Потеря воды изверженными породами играла в образовании вулканического стекла не меньшую роль, чем остывание. Под озером, возникшим в кратере Иньо, вместо ожидаемой дайки скважина прошла сквозь зону брекчированных пород. Сложность химического состава и неоднородность образцов, добытых при бурении в различных точках, говорят о том, что в формировании пород участвовала не одна большая, а несколько малых магматических камер.

При бурении в кальдере Лонг-Валли скважина вскрыла заполняющие ее породы до глубины 715 м. На сравнительно небольшой глубине (335 м) температура уже составила 202 °С, после чего почти не менялась. Этот геотермальный источник мог бы снабжать тепло расположенной поблизости г. Маммот-Лейк.

В кальдере Вальес одна из скважин пересекла гидротермальный выход, другая — зону, насыщенную водяными парами, и ее границу с нижележащей системой циркуляции нагретых вод, а третья — достигла основания этой системы, сложенного докембрийскими породами. В первой скважине (глубина 856 м) температура доходила до 185 °С, во второй (528 м) — до 212 °С, в третьей (1762 м) — до 295 °С. Зона, обогащенная водяными парами, очевидно, сформировалась примерно 0,5 млн лет назад; ее граница с жидкой фазой размыва и достигает в поперечнике около 150 м. Гидротермальные воды



Разрез скважины Иньо-4 (цветной линией показано направление продвижения).

в процессе минерализации образовали на глубине от 25 до 125 м за 1,1 млн лет отложения молибденитов; обнаружены также сфалериты и халькопириты.

Очертания тепловой аномалии в районе Солтон-Си, эволюцию здешней магматическо-гидротермальной системы, ее роль в образовании рифта изучали, пробурив 19 скважин (глубиной до 80 м) на берегу одноименного озера и в его акватории. Установлено, что центр области с высокими термальными градиентами (до 0,85 °С/м) приурочен не к риолитовым куполам, как полагали до сих пор, а сдвинут к югу.

Тепловой поток в центральной части аномалии равен 600 мВт/м², а в двух точках — вдвое выше.

Одна из скважин в долине Импириэл достигла отметки 3,22 км — здесь зарегистрированы температура 355 °С и солёность раствора свыше 25 ‰. Поток горячих соленых вод составлял местами 350 т/ч, что позволяет говорить об экономической выгоде их использования.

Научный анализ результатов работ (их стоимость превысила 3,2 млн долл.) продолжается. Уже очевидна их перспективность как в фундаментальном, так и практическом плане. Предполагается не только продолжить, но и расширить исследования, охватив бурением склоны вулкана Катмай (юг Аля-

ски), который извергался в 1912 г. Здесь планируется скважина глубиной 6 км.

Eos. Transactions of the American Geophysical Union. 1989. Vol. 70. №28. P. 697—706 (США).

География

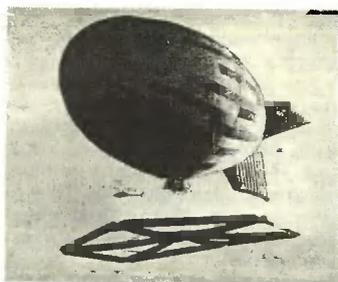
Необычная экспедиция в тропики

Власти Бразилии часто подвергаются критике за то, что при их попустительстве (а то и участии) уничтожается неповторимая природа Амазонии: тысячи квадратных километров влажных тропических лесов ежегодно вырубаются и выжигаются, уступая место пастбищам, плантациям, дорогам прежде, чем уникальные виды растений и животных бывают открыты и изучены специалистами.

Попытку хотя бы частично исправить положение предпринимает необычная международная научная экспедиция, инициатором и руководителем которой является Ф. Алле (F. Hallé; Университет Монпелье II, Южная Франция). Ее участники намерены использовать созданный французским конструктором Ж. Эберсом (G. Ebersolt) огромный воздушный «плот», переносимый дирижаблем.

Дирижабль доставит специалистов в район работ и установит платформу точно на вершущи тех деревьев, где предполагается вести наблюдения. Это важно потому, что именно процессы в кронах деревьев, над сводом лесного покрова и непосредственно под сводом остаются слабо изученными; пока столь редкие научные работы в джунглях и других тропических влажных лесах проводятся, как правило, на земле.

В экспедиции примут участие 60 научных сотрудников — метеорологов, климатологов, биохимиков, ботаников, зоологов различных специальностей — из университетов в Монпелье, Бангоре (Северный Уэльс, Великобритания) и Сан-Паулу (Бразилия), а также из Бразильского национального института исследований Амазонии (Ма-



дрижабль с воздушным «плотом», который представляет собой шестиугольную платформу с радиальными надутыми баллонами, перекрытыми пластиной из высокопрочного, но легкого углеродного волокна; конструкция сиреплена прочной прозрачной сетью. На платформе могут одновременно находиться до 10 человек с научным оборудованием.

наус). Разнообразие специальностей и национальных школ позволит всесторонне подойти к исследованиям столь сложного экологического объекта, как влажный тропический лес.

До сих пор отдельные попытки изучать процессы в кронах такого леса делались с площадок и мостков, однако крепить их приходилось за мощные ветки, так что работы велись не над пологом леса, а под ним, где многие природные процессы уже недоступны наблюдениям. В 1986 г. Алле уже проводил ботанические работы с использованием аэростата во Французской Гвиане, однако ветер не позволял удерживать его в нужной точке. Раз аэростат совершил посадку на небольшой лесной прогалине, откуда самостоятельно взлететь уже не смог — пришлось вызволять его с вертолета.

Новая методика, как ожидают, окажется столь же эффективной, как акваланг для подводных исследований.

New Scientist. 1989. Vol. 123. № 1673. P. 38 (Великобритания).

Палеогеография

Как могло идти заселение древней Америки

Дж. Лютернауэр и Дж. Клаг (J. Luternauer, J. Clague;

Геологическая служба Канады, Оттава), изучая образцы, поднятые у берегов Британской Колумбии, обнаружили в породах тихоокеанского шельфа (глубина моря 95 м) корни деревьев. Дальнейший анализ показал, что деревья росли здесь около 10 500 лет назад и, естественно, на суше, а затем эта суша всего за 1500 лет была затоплена — море поднялось на 100 м (со средней скоростью 7 см/год).

Повышение уровня моря, возможно, было связано с массовым таянием ледников Северной Америки. Затоплению прибрежных участков могли способствовать также землетрясения: западные районы Северной Америки известны высокой сейсмичностью. Однако неясно, шел ли процесс равномерно или рывками, соответственно сильным подземным толчкам.

Такие данные важны не только для наук о Земле, но и для археологов. До сих пор считалось, что палеоазиатские кочевые племена заселили Новый Свет, пройдя сначала по «Берингийской суше» с Чукотки на Аляску, а затем распространялись по континенту благодаря имевшемуся в его центре «безледному коридору». Теперь можно предполагать существование второго пути расселения, ибо 10 тыс. лет назад находящийся ныне под водой шельф представлял собой широкую прибрежную полосу суши.

Пока прямых свидетельств пребывания древнего человека на нынешнем шельфе не обнаружено, а ведь быстрое затопление могло способствовать сохранению немалого числа таких примет, но подводная археология еще не сделала здесь своих первых шагов.

Geology. 1989. Vol. 17. P. 357. (США); New Scientist. 1989. Vol. 122. № 1664. P. 35 (Великобритания).

Палеонтология

Как взлетал птерозавр!

Семнадцатилетняя американская школьница Р. Локвуд (R. Lockwood; Рокфорд, штат Иллинойс) построила биомеханиче-

скую модель полета пернатых, близких ящерам. Справедливость модели она проверяла, измеряя соотношения частей скелета у ископаемых и сравнивая их с параметрами ныне живущих крупнейших птиц, таких как альбатрос и кондор.

Молодая исследовательница установила, что птерозавры перед полетом разбегались, сохраняя вертикальное положение, а передние конечности, которые уже были крыльями, хотя и сохраняли еще некоторые черты лап, держали поднятыми вверх, одновременно взмахивая ими так, чтобы приобрести необходимую для полета скорость.

Специалисты признали исследование достаточно серьезным и представили его на ежегодный конкурс школьных работ США, именуемый «Поиском научных талантов» и проводимый общественными организациями и компанией «Вестингауз»¹. Р. Локвуд получила премию в размере 1000 долл., которой она сможет оплатить дальнейшее обучение в любом университете по выбору.

Earth Sciences. 1989. Vol. 42. № 1. P. 10 (США).

Палеоантропология

Хирургия в древние века

При археологических раскопках на территории древней Латвии найдено 12 человеческих черепов с признаками трепанации, датированных периодом 2500 лет до н. э.—800 лет н. э. Две наиболее древние находки относятся к эпохе среднего неолита (2500 лет до н. э.) и бронзовому веку (1500—500 лет н. э.). Трепанации были произведены с лечебной целью, возможно для устранения последствий ранений, и осуществлены путем скобления острым предметом. У 9 из 12 найденных черепов хорошо выражены признаки регенерации костной ткани на краях оперативных дефектов, причем область регенерации достаточно

¹ Об этом конкурсе см.: Связь парникового эффекта с озоновой дырой // Природа. 1990. № 4. С. 103.

велика, из чего следует, что оперированные жили довольно долго после операции.

Авторы предполагают, что уровень иммунитета соединительной ткани, способствующий регенерации кости, тогда был выше, чем у современного человека. Эти находки позволяют сделать вывод, что древние хирурги обладали высоким мастерством.

Из истории медицины. 1989. Т. 18. С. 155—160.

Археология. Охрана природы

Угроза Каповой пещере

Капова пещера на Южном Урале, входящая в состав Государственного заповедника Шульган-Таш, широко известна как уникальные памятники археологии, истории, культуры. По общему признанию специалистов, это единственная пещера на территории СССР и всей Восточной Европы, где благодаря счастливому стечению обстоятельств сохранилась монументальная настенная живопись эпохи верхнего палеолита — древнейшая в нашей стране¹. Она представлена многочисленными красочными изображениями мамонта, дикой лошади, носорога, бизона. В последнее время в одном из залов с рисунками зверей и символическими знаками при раскопках впервые обнаружены вещественные остатки деятельности первобытных людей — каменные орудия, бусины, терракотовая чашечка. Живопись Каповой пещеры близка верхнепалеолитической настенной живописи пещер франко-кантабрийской области (южная Франция, Испания), отличаясь, однако, определенной самобытностью. Примечательно, что уральский памятник палеолитического искусства и его западноевропейские аналоги разделяют почти 4000 км. Видимо, это говорит о единой линии развития первобытного настенного искусства и определяет величайшую ценность

¹ Подробнее см.: Щелинский В. Е. Возраст наскальной живописи Каповой пещеры // Природа. 1986. № 4. С. 117—118.

Каповой пещеры для отечественной и мировой науки и культуры.

Но живописи Каповой пещеры грозит уничтожение. Угроза исходит, прежде всего, от чрезмерного наплыва туристов, проникающих в пещеру, несмотря на заповедный режим: рядом по р. Белой проходит популярный туристический маршрут. Пещера чрезвычайно загрязнена, красочные изображения уже в который раз измазаны руками посетителей, некоторые рисунки исцарапаны. Гибели живописи способствует нарушение микроклимата пещеры, связанное с антропогенными факторами: резкое увеличение сырости и плесени. Из заповедника поступают сведения, что в туристическом ведомстве постепенно реализуются давние планы включения Каповой пещеры в число объектов союзного и международного туризма (отметим, что подобные зарубежные памятники охраняются от массового посещения). Появилась еще одна грозная опасность: ведущееся строительство на р. Белой, в непосредственной близости от Башкирского (Иштуганского) водохранилища; если оно будет сооружено, и без того тяжелое экологическое состояние пещеры, безусловно, усугубится — резко увеличится ее обводненность, так как вход в пещеру располагается совсем близко от реки и на малой высоте, совершенно изменится микроклимат пещеры, вода на стенах попросту смывает рисунки.

Чтобы не потерять безвозвратно уникальную живопись, необходимо: полностью закрыть пещеру для посетителей до завершения расчистки и укрепления настенных рисунков специальными средствами; создать в Каповой пещере научный стационар в рамках Башкирского научного центра Уральского отделения АН СССР при участии Института археологии АН СССР и заповедника Шульган-Таш; ходатайствовать о включении Каповой пещеры в число памятников мирового научного и культурного значения, находящихся под юрисдикцией ЮНЕСКО.

© В. Е. Щелинский, кандидат исторических наук
Ленинград

Неудачей закончился 36-й запуск ракеты-носителя «Ариан-4», которая должна была вывести на околоземную орбиту два спутника связи японской и японо-американской компаний. На высоте 9 км и удалении от стартовой площадки 12,5 км ракета взорвалась и упала в Атлантический океан; полет продолжался 1 мин 40 с. По предварительным данным, авария вызвана одновременными неполадками в двух двигателях первой ступени: в одном давлении в камере сгорания упало, а в другом повысилось; в результате возникли перегрузки, приведшие к разрушению корпуса ракеты и взрыву.

Эта авария — первая после рекордной по продолжительности серии успешных запусков ракет «Ариан» с мая 1986 г. и пятая за всю историю запусков по этой программе (первая для новой модели — «Ариан-4»).

ТАСС.

США примут участие в проекте исследований дальнего космоса «Радиоастрон», разрабатываемом АН СССР. Об этом объявил 8 марта 1990 г. в Вашингтоне вице-президент США Д. Куэйл, возглавляющий Национальный космический совет. Это решение еще раз подчеркивает значение, которое США придают космической науке.

ТАСС.

При нынешнем засорении околоземного пространства «космическим мусором» (примерно 7 тыс. только крупногабаритных объектов — верхних ступеней ракет-носителей или отработавших спутников) вероятность столкновения на орбите составляет 20 %, а с катастрофическими последствиями (полное разрушение объекта на фрагменты, способные вызвать аналогичные разрушительные столкновения) — 3,7 %. Количество «космического мусора» сегодня еще недостаточно для возникновения цепной неконт-

ролируемой реакции образования все новых мелких частиц, однако через 20—30 лет «критическая масса» может быть достигнута. Снизить опасность, по мнению западногерманских исследователей, можно, проектируя космические аппараты и орбитальное оборудование так, чтобы, отработав, они сразу входили в плотные слои атмосферы.

New Scientist. 1989. Vol. 124. № 1687. P. 40 (Великобритания).

Рак яичников трудно лечить терапевтически, однако американские исследователи из Университета Дж. Хопкинса (штат Балтимор) с успехом применили для этого препарат таксол из коры тихоокеанского тиса (семейство Taxaceae): Препарат вводили внутривенно 40 женщинам, страдающим раком яичников, в результате у одной из них опухоль исчезла, у 13 — уменьшилась наполовину, у 7 — наблюдалось еще большее уменьшение.

Побочных действий препарата можно избежать, регулируя дозировку. В отличие от других лекарств, применяемых для лечения данного заболевания, таксол не вызывает тошноту и рвоту.

Запасы таксола пока невелики, но ряд фармацевтических компаний приступает к его химическому синтезу.

New Scientist. 1989. Vol. 124. № 1687. P. 37 (Великобритания).

В Университете штата Теннесси (США) пересадили мышечные клетки здоровых доноров шести детям в возрасте 6—10 лет, страдающим мышечной дистрофией ног. Если они приживутся, то станут вырабатывать белок дистрофин, отсутствующий в организме больных детей. (Без дистрофина мышца постепенно гибнет). Чтобы предупредить отторжение инородных клеток, больным давали лекарства, подавляющие иммунитет.

При успешных опытах удастся бороться с мышечной дист-

рофией путем пересадки клеток, производящих дистрофин в больших количествах. Для страдающих дистрофией дыхательных мышц такие пересадки могли бы продлить жизнь на 5—10 лет.

New Scientist. 1989. Vol. 124. № 1690. P. 26 (Великобритания).

Здания, построенные из предварительно напряженного бетона, можно разрушить без взрыва, если через стальную арматуру пропустить сильный электрический ток, тем самым нарушив статическое равновесие напряжений между ней и бетоном: при нагреве силы сцепления арматуры с бетоном ослабевают — здание под воздействием высвободившейся колоссальной энергии разрушается.

New Scientist. 1989. Vol. 124. P. 36 (Великобритания).

В госпитале Святого Георгия в Лондоне пациентов с повышенным артериальным кровяным давлением (160/100), не связанным с заболеваниями почек или сердечно-сосудистой системы, в течение года держали на малосолевой диете (не более 3 г в день). Оказалось, что она может стать альтернативой применению лекарств — в конце лечения давление не превышало 142/85.

New Scientist. 1989. Vol. 124. № 1694. P. 17 (Великобритания).

Археологи обнаружили на территории штата Оклахома древнейшую из всех известных на сегодня в Америке стоянку человека: каменные орудия, уголь, кости бизона, найденные в осадочных породах небольшого ручья, имеют возраст 26—40 тыс. лет. Максимальный возраст ранее обнаруженных следов человека в Северной Америке составлял 11—15,5 тыс. лет.

Earth Science. 1989. Vol. 42. № 1. P. 7 (США).

Уроки В. А. Энгельгардта

Т. М. Турпаев,
член-корреспондент АН СССР
Москва

ОДИН из разделов этой книги носит название «Объединенные любовью к Энгельгардту». Так мог бы по сути и по составу участников называться весь сборник. Авторы публикуемых в нем материалов — сотрудники, ученики Энгельгардта, среди которых много известных имен, родные Владимира Александровича, шофер автомашины, знавший его более 30 лет, швейцарская путешественница, кинодраматург, архитектор, иностранные коллеги. Они вспоминают о разных сторонах жизни и характера Энгельгардта, разнообразных ситуациях, событиях, словом, каждый передает свои индивидуальные впечатления, но в одном повторяются — в понимании или ощущении незаурядного масштаба его личности и искреннем желании сохранить и передать его нравственную сущность. «В науке, — говорится во «Введении», — есть две ценности: одна — это научная истина, вторая — нравственная атмосфера, и создается она людьми. Закладывается эта атмосфера очень незначительным, как выяснилось, числом людей, буквально единицами. В современной биологии нравственную атмосферу наряду с такими учеными, как Колюцов, Вавилов, создал Энгельгардт — он и сам для науки является одной из крупнейших нравственных ценностей» (с. 8).

Заслуги Энгельгардта — мастера тончайшего биохимического эксперимента, молекулярного биолога и биолога-мыслителя — уже вошли в словари и учебники. Он описал механизм



ВОСПОМИНАНИЕ О В. А. ЭНГЕЛЬГАРДТЕ / Отв. ред. А. А. Беев. М.: Наука, 1989. Сер. «Ученые СССР. Очерки, воспоминания, материалы». 334 с.

окислительного фосфорилирования и роль АТФ в этом процессе, экспериментально обосновал природу пастеровского эффекта, открыл АТФазную активность миозина и роль АТФ в механохимии мышечного сокращения. Читал блестящие лекции в университетах Казани, Ленинграда и Москвы. Создал первоклассные научно-исследовательские лаборатории в этих городах. Организовал один из лучших биологических институтов в Академии наук СССР — Институт молекулярной биологии, теперь носящий его имя, где оставил талантливого плеяду последователей своих научных устремлений.

Многое было известно об Энгельгардте и в человеческом плане, в первую очередь, навер-

ное, его борьба за идеалы науки, против лиц сомнительной репутации, проникших в Академию и нанесших ей невосполнимый ущерб. Он выступал по одну линию фронта с теми, кто противостоял Лысенко и его единомышленникам, участвовал в вызволении Ж. А. Медведева из психиатрической лечебницы. Запечатлен навеки и облик Владимира Александровича — при его жизни создавались посвященные ему фильмы. Но расстояние времени позволяет теперь сказать то, что неловко или неуместно было бы говорить «в глаза». Это и неоспоримые, редкие достоинства, и неизбежные человеческие слабости.

Учтивость и остроумие светского человека, представителя высокоинтеллигентных дворян, высокий кодекс чести, простота и легкость в общении, истинный демократизм (мог накричать на начальство, но никогда — на лаборанта), отсутствие боязни показаться неосведомленным, заразительная веселость, самоирония — таковы лишь некоторые характеристики Энгельгардта, звучащие на страницах книги. Ему чужда была зависть к чужим успехам, он никогда не подписывал работ своих сотрудников, и поэтому список его собственных за долгие годы не превысил 100 названий. Но зато среди них, по единодушному мнению авторов сборника, были две, за которые можно было бы дать Нобелевскую премию.

Он был подлинным наставником, своим примером учил не только технике лаконичного и тонкого эксперимента, но и логике мышления, искусству понимания внутренних связей. Одной из заметных черт Энгельгардта была антипатия к рутине. Он всегда был на гребне волны.

Часто менял направления исследований. И в своих учениках ценил нестандартность мысли, свежесть восприятия, готовность «бросить все и начать сначала». Даже в далеких от него вопросах он хорошо чувствовал, «где дело, а где чепуха».

Это был человек сильноного психического склада и огромного интереса к жизни, ко всем ее сторонам — в этом причина его полноценного долголетия. Не просто знание многих языков, а способность изъясняться на них с большой изысканностью производила на иностранцев большое впечатление («Кто этот представительный человек? Он выглядит, как настоящий джентльмен»).

Можно было бы рассказать об увлечении альпинизмом, о глубоком знании искусства и поэзии... Но у этой книги — несколько десятков авторов, и каждый из них говорит неповторимо и вдохновенно. Хотелось бы отметить еще одну сторону этих очерков. Истинное уважение к их герою проявилось и в заботе о том, чтобы читатель не воспринял образ Энгельгардта как икону. Разговор идет искренний и вполне критичный. Приведу примеры: «Он был эгоцентричен — вряд ли он умел встать на точку зрения другого человека» (с. 14).

«У Владимира Александровича были резкие пристрастия в науке...» (с. 273).

«Я всегда говорил, что у нас в институте (имеется в виду Институт молекулярной биологии) просвещенный абсолютизм» (с. 22).

Проскальзывают замечания о жесткости Энгельгардта как научного руководителя, о его стратегических и тактических ошибках. Впрочем, свои ошибки — такие и другого рода — он признавал. Мучился тем, что вместе с рядом других академиков подписал письмо против А. Д. Сахарова, несправедливо обвинявшее его в антигосударственных действиях. При встрече с Энгельгардтом Сахаров сказал ему, что расценивает этот поступок как нож в спину. Дочери Энгельгардта на страницах книги рассказывают предысторию этого события и пытаются дать ему объяснение. Одно из них такое:

«...всех подписавших это письмо против Сахарова фактически обманули. Каждому академику, которого вызывали в «высшие инстанции», показывали в полном одиночестве письмо и предлагали подумывать над текстом, изменить нежелательные пассажи, предложить свою версию. И они все «покупались» на это, сидели по 3—4 часа в отдельных комнатах, редактировали текст по своему усмотрению, мучительно взвешивая каждое слово, под которым они, действительно, могли бы подписаться, потом относили этот текст пригласившим их и считали, что подписали бумагу, которая выражает их точку зрения на самом деле. Из тех, кого я лично знаю, так поступили с четырьмя людьми. Наверное, то же самое было проделано и с остальными. А опубликовали текст, который был дан каждому из них для ознакомления как предварительный. Вы помните, какое это было время, кто мог идти судиться?» (с. 297).

Наконец, хотелось бы отметить, что книга построена нестандартно. Основной ее массив составляют очерки, объединенные в семь глав: «У истоков молекулярной биологии», «Масштабность ученого», «Уроки Энгельгардта», «Начало и продолжение», «Человек создан для творчества», «В глазах зарубежных ученых», «Круг семьи». А открывает и завершает книгу материал другого жанра — круглый стол под названием «Соединяя прошлое и будущее» (беседа первая) и «Объединенные любовью к Энгельгардту» (беседа вторая).

В приложении помещен очерк самого Энгельгардта «Жизнь и наука. Автобиография». Уже зная мнение о нем большого круга людей, читатель убеждается еще в одном — в скромности этого преданного науке человека.

К сожалению, в книге мало говорится об очень важной деятельности Энгельгардта в Отделении биологических наук АН СССР. В 1955 г. он был избран академиком-секретарем (после академика А. И. Опарина, который в свою очередь сменил академика Л. А. Орбели, снятого с этой должности после сессии

ВАСХНИЛ 1948 г.). В те годы, я имею в виду 1955—1959, Энгельгардт сделал очень много для преодоления пагубного влияния Лысенко на развитие науки в нашей стране.

Прочтя эту книгу, каждый, кто знал Владимира Александровича, невольно вспоминает и свои встречи. Мне хорошо помнится наше первое знакомство в 1939 г., когда он в кабинете профессора И. Л. Кана в МГУ высказал мне несколько ценных советов по методике исследования пищеварительных ферментов у рыб. Это дало мне возможность написать мою первую, еще студенческую научную работу. В 1951 г. член-корреспондент АН СССР В. А. Энгельгардт был оппонентом по моей кандидатской диссертации. А в 1956 г. произошла наша встреча по совсем иному поводу. Будучи академиком-секретарем ОБН АН СССР, Владимир Александрович неожиданно пришел в Институт эволюционной морфологии животных им. А. Н. Северцова, где я работал, и в очень элегантной форме проэкзаменовал меня по английскому языку, чтобы рекомендовать в качестве гида на международную выставку по мирному использованию атомной энергии, проходившую в Швеции.

Гораздо чаще я видел Энгельгардта начиная с 1977 г., когда по совместительству возглавил биологическую редакцию издательства «Мир». Дело в том, что Владимир Александрович всегда придавал огромное значение изданию на русском языке лучших иностранных руководств по биологии и с 30-х годов сам переводил и редактировал монографии и учебники по биохимии. По инициативе Энгельгардта бюро Отделения биохимии, биофизики и химии физиологически активных соединений АН СССР ежегодно проводило в его кабинете совместные заседания с биологической редакцией издательства «Мир», на которых производился отбор публикаций для перевода. Огромная эрудиция Энгельгардта была чрезвычайно важна для этой работы.

В заключение мне хочется поздравить редактора, составителей и авторов с изданием очень хорошей книги.

Астрономия

В. Е. Белониучини. КЕПЛЕР, НЬЮТОН И ВСЕ-ВСЕ-ВСЕ... М.: Наука, 1990. Б-чка «Квант». Вып. 78. 128 с. Ц. 30 к.

Сколько нужно керосина, чтобы слетать на Марс, и сколько еще понадобится горючего, чтобы сесть на Землю? Чья «самая короткая» тень короче: Малого минарета в Булгаре или обсерватории Улугбека в Самарканде? Можно ли запустить спутник из пушки? При каком запасе топлива корабль может покинуть Солнечную систему? Во сколько раз надо изменить размеры Солнца, чтобы оно стало черной дырой? А всего в этом сборнике более 80 такого рода задач. Чтобы их решить, достаточно вспомнить три закона И. Кеплера и второй закон Ньютона. В конце книги приведены решения и ответы. Автор предлагает читателю в компании Кеплера и Ньютона прогуляться по Вселенной, посмотреть на планеты, спутники, кометы, звезды и галактики. Книга предназначена школьникам старших классов, учителям и будет интересна многим любознательным читателям.

Механика

К. С. Абдурашидов, Я. М. Айзенберг, Т. Ж. Жунусов и др. СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ СООРУЖЕНИЙ. М.: Наука, 1989. 192 с. Ц. 2 р. 90 к.

Книга представляет собой коллективный труд по актуальным проблемам сейсмостойкого строительства, решение которых в ближайшее время необходимо довести до такого уровня, чтобы результаты могли использоваться на практике. С этих позиций рассмотрены такие темы, как сейсмический риск и нормирование сейсмической опасности с применением новых моделей; экспериментальное и теоретическое исследование сейсмического взаимодействия сооружений с грунтами; проектирование систем сейсмоизоляции и сейсмозащиты; анализ результатов испытания сейсмостойкости про-

мышленных сооружений и сопоставление полученных данных с расчетными; характеристика сейсмостойкости железобетонных каркасных зданий; методы восстановления сооружений после землетрясения.

Книга предназначена для сейсмологов и инженеров-строителей.

Экология

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ СССР. Статистический сборник / Госкомстат СССР. М.: Финансы и статистика, 1989. 174 с. Ц. 55 к.

Сборник разбит на разделы, посвященные оценкам экологической ситуации в городской среде, состоянию водных и земельных ресурсов, мелиорации, лесу, заповедным территориям, бюджету природоохранных мероприятий страны и пр. Цифры даны в динамике за последние восемь лет, сопоставлены по республикам и отдельным городам, а в ряде случаев показаны в сравнении с динамикой тех же оценок в зарубежных странах.

Вот несколько примеров. Всего на доли процента возрос забор воды из источников, но сброс загрязненных сточных вод увеличился в 1,5 раза. Площади зеленых массивов в городах несколько сократились. В Ярославле доля насаждений — 17 % общей площади, в Сумгаите — 8 %, в Алма-Ате — 5 %, в Мурманске — всего 2 %. Выбросы предприятий в городскую атмосферу в целом по стране уменьшились на доли процентов. Приведен список 68 наиболее неблагоприятных городов с общим населением 40 млн человек, указана структура загрязнения, заболеваемость взрослого и детского населения.

Использование воды в сельском хозяйстве продолжает год от года возрастать в Узбекистане, Туркмени и Таджикистане, где уже и без того тяжелая гидрологическая обстановка. Несмотря на увеличение пло-

щадей, обрабатываемых противозерозионным безотвальным способом с сохранением стерни, доля эродированных почв уже превысила 50 % сельхозугодий, что во многом связано с пренебрежением лесомелиораций. При этом на одну треть возросли противозерозионные затраты.

Мы обогнали США по количеству удобрений, вносимых на гектар пашни, но отстали по применению органики. Площадь орошаемых земель существенно возросла, но урожаи на них по-прежнему низкие — 33,7 ц/га зерновых, на осушенных они еще меньше — 23,6 ц/га. Сбросы в Байкал уменьшились втрое, но в Ладожском озере по-прежнему возрастают.

Обширная экологическая информация, приведенная в книге, делает ее незаменимой для широкого круга специалистов и энтузиастов-природоохранников.

Психология

А. П. Дубров, В. Н. Пушкин. ПАРАПСИХОЛОГИЯ И СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ. М.: СП «Соваминко», 1989. 280 с. Ц. 7 р.

В 80-е годы эта книга выходила в Испании, Югославии, США, Греции, Японии, Польше, СССР (только на финском языке). Настоящее издание — дополненный и расширенный вариант. Посвящено оно экстрасенсорике — изучению разнообразных потенциальных видов энергии и рецепции, резервных возможностей человека. Многие из того, что изложено в книге, должно рассматриваться как гипотеза.

Впервые предпринимается попытка охарактеризовать психозенгетику и парапсихологию как фундаментальные явления современного естествознания. Авторы рассматривают прежде всего те факты, которые, как они утверждают, наблюдались ими непосредственно, опираются на научные данные, которые, по их мнению, имеют для этих случаев принципиальное значение.

Первые две части напи-

саны известным психологом В. Н. Пушкиным (1931—1979). В них парапсихологические явления анализируются с позиций теоретической и экспериментальной психологии. Две вторые — биофизиком А. П. Дубровым, который пытается вписать парапсихологические явления (здесь они называются «пси-явлениями») в общий контекст современного естествознания. Приводятся рассказы об уникальных возможностях экстрасенсов.

Книга вызовет интерес определенного круга читателей (хотя ее вряд ли можно отнести к какой-либо определенной области естественных наук) и нуждается в реакции со стороны специалистов из различных областей естествознания.

Геология

Ю. Салин. К ИСТОКАМ ГЕОЛОГИИ. Хабаровск: Книжное издательство, 1989. 304 с. Ц. 90 к.

Читателям «Природы» Ю. С. Салин — сотрудник Института тектоники и геофизики ДВО АН СССР — знаком по ряду очерков, опубликованных в 1983—1985 гг. Он автор более 100 публикаций в других изданиях. Настоящая книга — первый большой научно-популярный труд Ю. С. Салина. Это рассказ о сложнейших проблемах геологии, поисках ее логических оснований. Анализируя собственный опыт и опыт своих коллег, автор размышляет над тем, как становятся геологами, на чем базируется геологическая теория, зачем нужна геология, что она дает обществу и откуда ведет летоисчисление.

Почему нефть на Восточной Камчатке нашли охотники, а геологи, несмотря на сорокалетние изыскания и многомиллионные затраты, не смогли ничего добавить к этому открытию? Почему в науках о Земле шутка «один геолог — две точки зрения» звучит грустным афоризмом? Подобные конкретные и общие вопросы готовят читателя к выводу: геологическая теория должна быть математически строгой и практически эффективной. В таком русле развивалась «геогнозия» А. Г. Вер-

нера, подвергнутая жестокой и несправедливой критике современниками, хотя в качестве основы геологии модель Вернера использовалась и противниками, и сторонниками Вернера, и геологами, не подозревавшим о ее существовании. Кто он? Глава лженаучного направления или «один из тех гениев, которых Природа с младенчества, кажется, назначает к преобразованию наук»? Преобразовал он геологию в настоящую, точную науку или оказал на нее губительное влияние? Такими драматическими примерами иллюстрируется в книге история науки о земных недрах.

Неповторимое духовное богатство каждого геолога, сумевшего стать личностью в науке, сможет убедить читателя: наука — не для равнодушных и заурядных. Издательство рекомендует книгу самому широкому кругу читателей.

Зоология

РЫБЫ. Популярный энциклопедический справочник / Под ред. П. И. Жукова. Минск: БелСЭ, 1989. Сер. «Животный мир Белоруссии». 311 с.

Первый раздел справочника знакомит читателей с иктофауной Белоруссии, путями ее формирования, современной системой рыб и краткими характеристиками семейств. Далее идут описания видов. Завершает книгу словарь понятий, который включает в себя весьма разнообразные данные — от аквариумистики до рыбоводных хозяйств. Здесь, в частности, приводятся сведения по охране рыбных запасов, спортивному и промысловому рыболовству.

История науки

Т. Д. Ильина. ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ. Исторический очерк / Отв. ред. М. А. Садовский. М.: Наука, 1988. 259 с. Ц. 4 р. 30 к.

В книге впервые систематизирован и критически проанализирован большой объем литературных и архивных материалов, относящихся к истории взаимодействия ядерной физики

и геофизики. Исследование охватывает почти целое столетие. В первой главе рассказано о начальных шагах изучения радиоактивности, связанных с поисками и добычей радиоактивных минералов и руд. Вместе с разработкой методов разведки таких минералов возникла мысль о составлении общей карты радиоактивности Земли.

Вторая глава посвящена рождению и развитию идеи об абсолютной геохронологии. Автор дает подробную характеристику прежних и современных методов абсолютной геохронологии. Приведенные выдержки из античной литературы показывают, как вопрос о возрасте Земли решался философами древности.

Развитие и совершенствование ядерно-физических методов разведки — об этом говорится в третьей главе — дало возможность изучить изотопный состав различных пород и судить о происходящих в земной коре геохимических процессах.

Глава четвертая рассказывает о применении ядерно-физических методов в гидрогеологии. В последующем автор касается самостоятельного и важного вопроса о распределении на Земле изотопов других, не радиоактивных элементов — водорода, углерода, кислорода. Эта проблема сейчас крайне актуальна — данные об этих изотопах используются биологами, историками климата, археологами.

Особо актуальна пятая глава, где речь идет о распределении радиоизотопов в океанах и в их осадках.

В «Заключении» рассматривается обратный процесс — влияние геологических данных на развитие ядерной физики. Приводится и пример: высказанная в 1948 г. Ф. Берчем гипотеза о значении калия для теплового режима Земли стимулировала подробное физическое исследование распада калия, оценки времени его жизни и разработку теории сильно запорченных бета-переходов.

Книга интересна и полезна для физиков, геофизиков и историков естественных наук.

© А. Х. Хргиан,
доктор географических наук
Москва

Жизнь и судьба Леонида Алексеевича Кулика

Ю. Л. Кандыба
Новокузнецк

МНЕ ПРИХОДИЛОСЬ встречать людей, рассказывающих о своих встречах со знаменитым исследователем Тунгусского метеорита Л. А. Куликом как о событии, едва ли не главном в их жизни. Но полной его биографии не существует. За три года поисков¹ мною были выявлены целые пласты никем ранее не востребованных документов, которые положены в основу этого очерка, по сути, хроники его жизни. Кто-то из классиков прекрасно сказал: «Жизнь человека похожа на него самого». Поэтому я не буду злоупотреблять комментариями. Пусть события говорят сами за себя.

ИЗ «АНКЕТЫ ДЛЯ БЫВШИХ ОФИЦЕРОВ БЕЛОЙ АРМИИ» И ДРУГИХ ОФИЦИАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Итак, Леонид Алексеевич родился 19 августа (1 сентября) 1883 г. в Дерпте (Тарту). Отец его принадлежал к дворянскому роду, окончил Вюрцбургский и Дерптский университеты, весьма преуспевал как врач в Елизаветграде, но в возрасте 37 лет в результате несчастного происшествия умер. Семья переезжает на Южный Урал, поближе к родственникам, в Троицк.

В 1903 г. Л. А. Кулик оканчивает с золотой медалью троицкую классическую гимназию и становится студентом Петербургского лесного института. Однако спустя год он исключен за участие в студенческих волнениях, призван солдатом на военную службу, а затем поступает в тираспольскую полковую школу. «К этому времени,— писал он,— я уже был в контакте с с[оциал]-д[емократической] организацией, хотя о каком-либо оформлении моего приема в партию речи тогда еще не было...»

«Анкета для бывших офицеров белой армии» (от 29 мая 1922 г.) указывает на следующие события: «Осенью 1905 г., будучи в отпуску в г. Казани, принимал с братьями Владимиром и Нестором участие в вооруженном восстании в рядах РСДРП; после захвата власти нес службу в

отрядах пролетарской милиции до осады казаками в управе включительно»². Восстание подавлено. Кулик бежит в Тирасполь, где оканчивает полковую школу, увольняется в запас и вскоре уезжает в Троицк.

Здесь летом 1906 г. Кулик вступает в РСДРП (б). Тайно распространяет революционную литературу через книжную лавку, приобретенную на средства от продажи семейного дома.

Царская охранка нападает на след подпольщиков. Кулик и его младший брат Алексей привлекаются к суду. Тюрьма переполнена — они остаются под поручительство на свободе. Судебное дело стараниями адвоката затягивается на несколько лет. Кулик переезжает в Миасс, где допускается по вольному найму к учету и разведке полезных ископаемых Южного Урала.

В Казани за участие в студенческом революционном движении арестовывают и отправляют в ссылку его братьев Нестора и Владимира. А Леонид Алексеевич в мае 1910 г. в Челябинске приговаривается к трехнедельному тюремному заключению.

Обстоятельства лишают его связи с организациями РСДРП (б), к тому времени разгромленными или ушедшими в подполье. Кулик усиленно занимается самообразованием. Как работнику Горного округа ему часто приходится проводить инструментальную съемку. Он изучает курс минералогии, увлекается ботаникой, зоологией, собирает коллекцию минералов.

ИЗ ПИСЬМА ВЕРНАДСКОМУ: «ХОЧЕТСЯ... РАБОТАТЬ ДЛЯ ВАС, ДЛЯ АКАДЕМИИ»

1911 год становится поворотным в судьбе Кулика. Ему посчастливилось встретиться с В. И. Вернадским и обрести его дружеское расположение. Вернадский приезжает в Миасс во главе Радиевой экспедиции, запрашивает Горный округ о геодезисте, там указывают на Кулика, скромно именовавшего себя любителем камней. По словам Вернадского, он оказался «большим знатоком минералов». Кулик просит его похлопотать о судьбе брата Нестора, который в ссылке (к тому времени срок ее окончился) про-

© Кандыба Ю. Л. Жизнь и судьба Леонида Алексеевича Кулика.

Автор выражает глубокую благодарность всем, кто помогал ему в этой работе.

² Здесь и далее цитируются документы, хранящиеся в Комитете по метеоритам АН СССР. Архив КМЕТ. Папка II. Оп. XXIХ. Д. 1—26.



Л. А. Кулик в 1929 г. перед выездом в экспедицию на место падения Тунгусского метеорита.

Фото Е. Л. Кринова.

водил геологические исследования Большеземельской тундры. Брату Леонида Алексеевича дано разрешение поступить в Петербургский университет.

Летом следующего года Леонид Алексеевич снова присоединяется к Радиевой экспедиции. Ему поручена трудоемкая работа по составлению «верстовой карты всего Ильменского района с обозначением на ней месторождений... с точным нанесением всех копей».

Забота о камеральной обработке собранных материалов вынуждает его вновь обратиться к Вернадскому: «Зимой работу продуктивнее всего можно произвести в Санкт-Петербурге, пользуясь указаниями Владимира Ильича и Елизаветы Дмитриевны³. Эти соображения и мое давнишнее стремление попасть в Университет заставили меня послать документы в СПб «алма матер». Меня там, конечно, не примут, а тогда я буду просить Вас не отказать и мне в помощи, как Вы это уже обязательно сделали для моего брата. Не хочется мне быть в этой гнетущей болотной среде вечной белкой в колесе, а работать для Вас, для Академии — мне в Миассе все равно не дадут».

³ Владимир Ильич Крыжановский — геолог, минералог, после Вернадского возглавлял Минералогический музей АН. Елизавета Дмитриевна Ревуцкая — минералог, ученица Вернадского.

В августе 1912 г. по ходатайству Академии наук в отношении Кулика были сняты гласный полицейский надзор и запрет на въезд в столицу. Кулик переезжает в Петербург и занимает должность каталогизатора-минералога в Геологическом и минералогическом музее им. Петра Великого. В сентябре он уже студент физико-математического отделения Петербургского университета по кафедре минералогии. Начинался новый период жизни.

Но страна вступила в первую мировую войну. Кулик отправлен по мобилизации на фронт, в инженерную часть кавалерийской бригады драгунского финляндского полка. Участвует в боях в Восточной Пруссии. За смелость и находчивость при выводе соединения из окружения в районе оз. Жабице награжден орденом Станислава III степени, становится корнетом, а при защите Риги получает орден Анны III степени и чин поручика.

При содействии А. Е. Ферсмана Кулик командирован в распоряжение Комиссии по сырью, работавшей по программе только что созданной КЕПС. Октябрьскую революцию он встречает в Петрограде как долгожданную победу. Позже он напишет: «В настоящее время ни к какой партии не принадлежу. Сочувствую РКП (б). Несмотря на переживаемые испытания, непоколебимо верю в торжество светлых идей коммунизма».

В 1918 г. он с профессором С. М. Курбатовым отправляется на Урал для изучения месторождений охр и других красочных глин. Воспользовавшись случаем, Кулик вывозит свою семью из голодного Петрограда в Миньяр, а сам с Курбатовым направляется через Екатеринбург (где успевает прочитать доклад Уральскому обществу естествоиспытателей) в район предстоящей работы, уже полыхающий огнем гражданской войны. Когда экспедиция покидала Екатеринбург, навстречу уже шли наступавшие на столицу Урала белогвардейские войска. Кулика спасло знание местности.

Обстановка вынуждает экспедицию с потоком беженцев двигаться на восток. Поездом до станции Юрга, оттуда на санях в Томск... «На Урале, — пишет от Ферсману, — я был захвачен событиями и отрезан с собранными мной материалами от России. Обработку материалов удалось поставить в Томском университете, в котором с января 1919 г. я занял место преподавателя кафедры минералогии».

В другом документе Кулик сообщает, как развивались события: «В конце марта 1919 г. в Томске я был опознан белыми и предан военнополовому суду за уклонение от явки по мобилизации и передан... в запасный (кадровый) полк, где дело удалось затянуть до эвакуации белых из Томска. В пути, в конце декабря 1919 г., перебежал в ряды Красной Армии... Служил при штабе 2 бригады 30 стрелковой дивизии 5 армии Восточного фронта (главком Тухачевский)... 26 февраля 1920 г. приказом Реввоенсовета армии я был возвращен в Томский университет для продолжения работы по специальности. Весь 1920 г. я продолжал обработку материалов, преподавательскую деятельность и выполнял командировку университета».

Летом 1920 г. Кулик участвовал в экспедиции Курбатова по изучению минералов Минусинского и Ачинского края.

ОХОТА ЗА МЕТЕОРИТАМИ

В начале 1921 г. «по требованию Академии наук» Кулик возвращается в Петроград и возглавляет постоянную Метеоритную экспедицию. С этого начинается его охота за метеоритами.

Метеоритная экспедиция получает в свое распоряжение служебный американский вагон на 27 человек и совершает свое первое, прямо-таки героическое путешествие в глухие сибирские земли. Тысячи километров по железной дороге, сотни — верхом на лошадях, пешком, на телегах, на плоту по замерзающему Енисею...

Именно тогда Кулик зажегся интересом к метеориту, упавшему 30 июня 1908 г. в окрестностях Канска, по первоначальным представлениям — близ разъезда Филимоново. Обследования этого района дали отрицательные результаты, но Кулик собрал свидетельства очевидцев, которые подтверждали грандиозный масштаб явления и из которых следовало, что внимание нужно сосредоточить на бассейне р. Огни, впадающей в Ванавару — приток Подкаменной Тунгуски.

Вернувшись, он настаивает на специальных исследованиях метеорита, получившего впоследствии название Тунгусского, но не находит поддержки у Ферсмана, в то время директора Минералогического музея. Поиски отодвигаются на несколько лет. За это время Кулик оканчивает университет (в 40 лет!).

Между тем поступают сведения от С. В. Обручева, полученные им во время экспедиции по Подкаменной Тунгуске, и от директора Иркутской обсерватории А. В. Вознесенского. Координаты бурелома, установленные Обручевым, совпали с координатами очага землетрясения, определенными, по сообщению Вознесенского, инструментальными наблюдениями.

С этими данными согласовались и сведения этнографа И. М. Суслова, председателя Красноярского комитета Севера, опросившего тунгусов, кочующих в том районе, и опубликовавшего статью с картой мест, где могут быть найдены осколки метеорита.

ТУДА, ГДЕ «УПАЛ ОГОНЬ И ГРОМ»

Но лишь под давлением Вернадского, вернувшегося из длительной зарубежной командировки, в январе 1927 г. Академия утверждает экспедицию Кулика на Тунгуску. Добравшись до района бурелома, Кулик вынужден остановиться: проводники-тунгусы отказались вести его дальше на север, где, по их словам, «упал огонь и гром». Только с третьей попытки, уже без проводников, на свой страх и риск, по вскрывшимся ото льда речкам Кулик с небольшим отрядом проникает в запретные «горы Хушмы», где его глазам открывается грандиозный радиальный вывал леса, по его оценкам, на тысячи квадратных километров (по современным — 2015 км²). Ближе к центру он обнаруживает следы ожога, распространившиеся на сотни километров, а еще ближе — собранный в складки торфяной покров, усеянный воронками диаметром до 50 м и опоясанный с запада полосой стоящего на корню обожженного леса.

В свои первоначальные представления Ку-

лик вносит поправки. Если раньше он считал Тунгусский метеорит цельной «частицей кометы» (каменным хондритом), падавшей с космической скоростью и вознившейся в землю, то в ходе экспедиции предположил, что это был рой железных метеоритов, порожденный кометой Понс-Виннеке.

Картина происшествия оказалась столь внушительной, что не оставляла сомнений в необходимости развернуть комплексные исследования на месте. Экспедиции последовали одна за другой. Во время третьей велась подготовка дальнейшей работы, к которой должен был подключиться большой круг специалистов. С этой целью возводятся постройки, прокладываются многокилометровые просеки, ведутся фенологические и метеорологические наблюдения, чтобы выбрать благоприятные сроки аэрофотосъемки, ботанические и петрографические сборы, раскопки воронок, сборы погребенных почв. Проводится топосъемка местности, фото- и киносъемка следов катастрофы.

Четвертая экспедиция доставила на Метеоритную заимку санным обозом более 5 т различных грузов, включая необходимое оборудование. В поисках осколка метеорита производились земляные работы по осушению так называемой Сусловской воронки, зондирование обширной депрессии в южной части Великой котловины (Южное болото), отбирались пробы. Кулик считает Южное болото «вероятным центром падения и нахождения метеоритных кратеров».

Освоившим СССР, обзаведшимся выполненной аэрофотосъемку, после бесконечных проволочек и неувязок направляет самолет с большим опозданием. Из-за погоды аэрофотосъемка срывается.

Участие в тяжелых буровых работах, поездки в жару и стужу за сотни километров, тяжба с Канским Сибторгом, приостановившим кредиты экспедиции, срыв аэрофотосъемки — все это угнетало Кулика. К тому же его постоянно преследовала мысль: главная задача — найти метеорит — не выполнена. Экспедицию Кулик заканчивает густо поседевшим, с расстройством нервной системы.

ЮЖНОЕ БОЛОТО И ДОГАДКА КУЛИКА

Между тем в Ленинграде его поджидала еще одна беда — донос бывшего рабочего экспедиции, обвинявшего Кулика в некомпетентности. От Кулика в Академии требуют объяснений. За него вынуждены вступиться Вернадский, Ферсман, Карпинский, Левинсон-Лессинг. Дело улаживается.

Кулик предпринимает новую попытку организовать аэрофотосъемку центра падения метеорита. Ему отказывают. Отказывают и Всемирному астрономическому конгрессу (Кембридж), обратившемуся к Советскому правительству с просьбой разрешить американским ученым на своих самолетах обследовать место падения метеорита.

Весной 1933 г. Кулик с большим трудом получает командировку в район тунгусской катастрофы и в одиночку добирается до Метеоритной заимки. На обратном пути он сильно повреж-

дает ногу, и только благоволившая к нему судьба и собственная воля позволяют ему выйти к Ванаваре.

В последующие годы он организует ряд длительных экспедиций по сбору метеоритов в других районах, публикует монографию «Каменный метеорит Жигайловка» — первый том из задуманной серии об уникальных русских метеоритах. По совокупности научных работ ему присваивается ученая степень кандидата геолого-минералогических наук. После переезда в Москву Кулик приступает к докторской диссертации, завершить которую ему не довелось.

В 1937 г. О. Ю. Шмидту как начальнику Главного управления Северного морского пути удается включить в план его работ аэрофотосъемку места падения Тунгусского метеорита, которая срывается из-за аварии самолета.

На следующий год Кулик вновь возглавляет экспедицию, уже шестую по счету. Отряд топографов Главсевморпути проводит геодезическую съемку. Наконец-то ведется долгожданная аэрофотосъемка. Срочно изготовленная полевая фотосхема убеждает Кулика, что место падения Тунгусского метеорита определено им верно. Это Южное болото.

Во время седьмой экспедиции проводились геодезические и буровые работы. «В донных илах Южного болота близ восточного центра падения, — пишет Кулик, — обнаружены под микроскопом редкие серебристо-белые шарики ковкого никелистого железа в ассоциации со сплавленными в группы и гроздьями округлыми зернами кварца»⁴. По свидетельству участника экспеди-

⁴ Кулик Л. А. Данные по Тунгусскому метеориту к 1939 г. // ДАН СССР. 1939. Т. XXII. № 8. С. 524.

ции Н. И. Федорова, в августе 1939 г. во время полевых работ Кулик высказал догадку о возможном взрыве метеорита в воздухе.

После слияния возглавляемой Вернадским Комиссии по метеоритам, где Кулик был ученым секретарем, и ее московского отделения Кулик становится ученым секретарем Комитета по метеоритам АН СССР. По плану КМЕТа, очередная экспедиция на Тунгуску обещала стать началом новых крупномасштабных исследований. Осуществить ее не удалось из-за начавшейся войны.

23 июня 1941 г. Кулик подает заявление о приеме в ВКП (б), а спустя две недели вступает в народное ополчение. Его зачисляют в стрелковую дивизию. Ходатайство Президиума АН СССР об освобождении его от воинской обязанности он решительно отвергает.

6 октября 1941 г. в бою Кулик был ранен в ногу и попал в плен. В лазарете для военнопленных в пос. Выходы Смоленской обл. (ныне Калужской) он, претерпевая боль, работал и санитаром, и помощником хирурга. Партизаны отряда «Северный медведь» предлагают ему побег, но он отказывается покинуть раненых детей. Лазарет переводят в лагерь военнопленных в г. Спас-Деменск. Командант лагеря, наслышанный о «знаменитом профессоре», разрешает ему остаться санитаром и поселиться на частной квартире, жильцы которой (семья Я. И. Гольцева) и проводили Леонида Алексеевича в последний путь. Он заразился сыпным тифом и 14 апреля 1942 г. в возрасте 58 лет умер.

Его именем названа малая планета № 2794, открытая астрономом Н. С. Черных.

Вдохновитель "Тунгусской проблемы"

И. Т. Зоткин
Москва

УНИКАЛЬНОЕ природное явление — «Тунгусская катастрофа 1908 г.» — вообще говоря, могло забыться, остаться незамеченным. И материальные, и документальные свидетельства постепенно были бы утрачены. Ведь в 1908 г. множество газет и журналов писало о пролете гигантского болида над Красноярским краем. У населения и местных властей событие вызвало немалый переполох. Но даже В. И. Вернадский удовлетворился в то время успокоительным докладом сибирской полиции.

Сейчас можно только подивиться гениальной интуиции Л. А. Кулика, который в 20-х годах предугадал богатую научными коллизиями и до сих пор не завершённую историю, как он говорил, «Тунгусского дида». Главная и неоценимая его заслуга заключается в том, что эта история стала предметом научных исследований.

Обнаружив знаменитый радиальный вывал и ожог леса в эпицентре взрыва, Кулик повел себя как истинный натуралист. Он пытался собрать, зафиксировать, учесть и осмыслить самые различные факторы: астрономические, геофизические, геохимические, биологические, почвенные. По современным стандартам, задача непосиль-

ная для одного человека, даже при поддержке такого энциклопедиста, как Вернадский.

Возможно, поэтому трудно указать какой-либо бесспорный, конкретный, законченный научный результат, принадлежащий Кулику. В «Тунгусской проблеме» он скорее выступал как очень энергичный и, главное, компетентный вдохновитель, организатор и координатор. Огромное количество интеллектуальной и просто физической энергии он затратил на проведение экспедиционных работ, не давая покоя ни себе, ни окружающим. Настойчивость и даже упрямство в научных вопросах не всегда, как мы уже знаем, приводили Кулика к желанному результату. И тогда он тяжело переживал неудачу.

Суть загадки Тунгусского метеорита в том, что вторгшееся в атмосферу космическое тело породило взрыв энергией в десятки мегатонн, не оставив никаких заметных следов своего вещества. Достоверно вещество не идентифицировано и по сей день. Сам Кулик, согласно воззрениям своего времени, считал, что произошло падение гигантского по размерам, но в общем обычного метеорита. Поэтому так много времени и усилий он потратил на буровые работы, раскоп-

ки и осушение мерзлых болот, на крупномасштабную аэрозъемку, поиски кусков метеоритов.

Только в послевоенные годы появились данные о действии взрывов мегатонной энергии, о движении в атмосфере с космической скоростью, о природе комет, были разработаны приборы и методы для тончайших химических анализов. С высоты современных знаний некоторые действия Кулика могут показаться излишне трудоемкими или, наоборот, недостаточно детальными. Однако несправедливо выискивать недочеты у исследователей 20—30-х годов, находясь в кабине вертолета с подробной картой в руках. Тогда было несравненно сложнее.

Плодотворная деятельность Кулика не ограничилась одной «Тунгусской проблемой». В истории науки он останется как неутомимый и удачливый охотник за метеоритами. Если посмотреть каталог отечественных метеоритов, то обнаружится, что он увеличился на три десятка названий за тот период, когда Кулик был его куратором. Так что современные исследователи внеземного вещества во многом используют научный задел своего рачительного предшественника.

Научные редакторы:

И. Н. АРУТЮНЯН
О. О. АСТАХОВА
Л. П. БЕЛЯНОВА
М. Ю. ЗУБРЕВА
Г. В. КОРОТКЕВИЧ
Г. М. ЛЬВОВСКИЙ
Л. Д. МАЙОРОВА
Н. Д. МОРОЗОВА
Е. М. ПУШКИНА
Н. В. УСПЕНСКАЯ

Литературный редактор

Г. В. ЧУБА

Художник
П. П. ЕФРЕМОВ

Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР
Заведующая редакцией
О. В. ВОЛОШИНА

Корректоры

Р. С. ШАЙМАРДАНОВА
Т. Е. ДЖАЛАЛЯНЦ

В художественном оформлении
номера принимали участие:

Н. Х. БУТЫРИНА
Б. А. КУВШИНОВ
Р. Э. МАТКАЗИН
В. А. СКРЕБНЕВ
Ю. В. ТИМОФЕЕВ

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука»

Адрес редакции:
117049, Москва, ГСП-1,
Мароновский пер., 26
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 25.04.90

Подписано в печать 8.06.90
Т—07770

Формат 70×100^{1/16}
Бумага офсетная, № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 1572,7 тыс.
Уч.-изд. л. 15,0
Тираж 58 060 экз.
Зак. 907
Цена 80 к.

Ордена Трудового
Красного Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
Государственного комитета СССР
по печати
142300, г. Чехов
Московской области

ПРИРОДА

8⁹⁰

Мы посвящаем специальный номер изложению основных научных результатов Андрея Дмитриевича Сахарова. Собранные материалы — лишь «этюды» к его научному портрету, который может быть создан только после публикации трудов, в том числе и тех, что сосредоточены (все еще!) в секретных отчетах.

