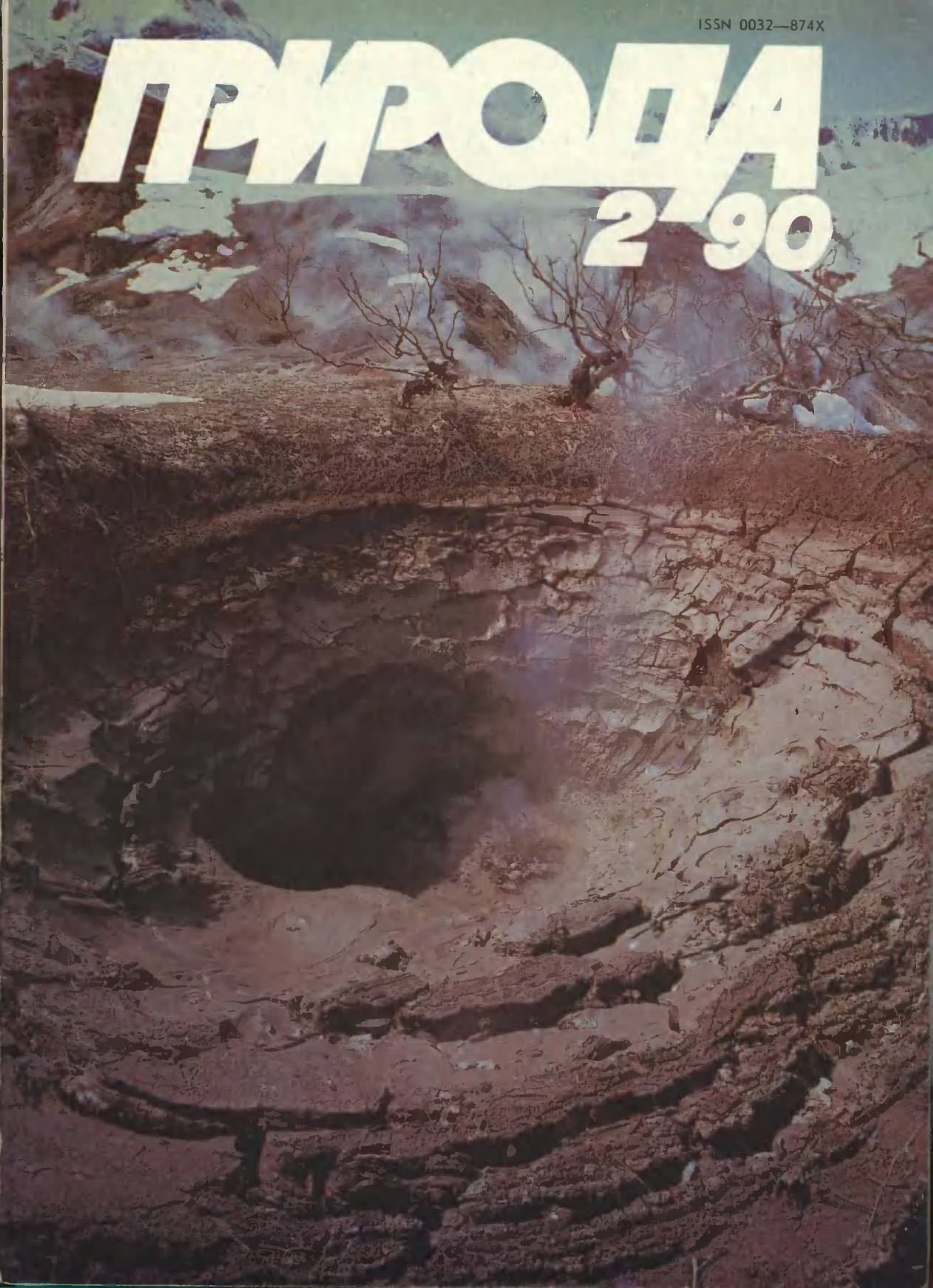


ISSN 0032-874X

ПРИРОДА

2'90



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Кандидат физико-математических наук
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Член-корреспондент АН СССР
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук
А. А. ВЕЛИЧКО

Академик
В. А. ГОВЫРИН

Заместитель главного редактора
Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Академик
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. А. КОМАР

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук
И. Н. КРЫЛОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора
академик
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

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

Академик
В. Е. ХАИН

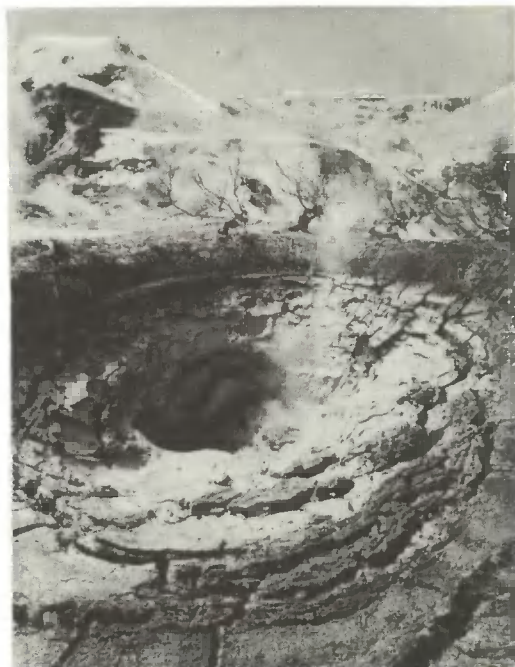
Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
ПОПУЛЯРНЫЙ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Издается с января 1912 года



НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Грязевой котел в Долине гейзеров. Вокруг таких котлов обычно развиваются разнообразные бактерии. См. в номере: Заварзин Г. А. Заповедники для микробов.

Фото В. Е. Гиппенрейтера.

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Панагия, обрамленная аметистами, цитринами и горным хрусталем. Само изображение Богоматери с младенцем выполнено на монокристалле аметиста. Начало XIX в. См. в номере: Цинюбер Л. И., Ахметов С. Ф. Аметист.



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



© Академия наук СССР
журнал «Природа» 1990

В НОМЕРЕ

3 ПАМЯТИ АНДРЕЯ ДМИТРИЕВИЧА САХАРОВА

5 Корогодин В. И., Корогодина В. Л., Файси Ч. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ КОНЦЕПЦИЯ МУ- ТАГЕНЕЗА

Многочисленные попытки объяснить закономерности мутагенеза, составляющего основу эволюционных преобразований, до сих пор не увенчались успехом. Современные представления о механизме этого сложного естественного процесса могут существенно отразиться на понимании эволюции.

13 Рютов Д. Д. СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛО- ВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

Представление о том, что солнечная энергетика сможет удовлетворить потребности человечества в энергии без риска вызвать глобальное потепление, — еще одно распространенное заблуждение.

19 Рыбин И. А. ПСИХОФИЗИКА: ПОИСК НОВЫХ ПОДХОДОВ

Почему человек — мера всех вещей? Один из естественнонаучных ответов на этот вопрос дает антропный принцип. Другой опирается на анализ уникальной роли так называемого «золотого сечения» в организации чувственного восприятия.

26 Аполлонов В. Н. МИНЕРАЛЫ СОЛЯНЫХ ТОЛЩ

В чистейших, снежно-белых солях Непского калийного месторождения в Восточной Сибири обнаружено целое царство микроминералов — включений.

30 Никипелов Б. В., Лызов А. Ф., Ко- шурникова Н. А. ОПЫТ ПЕРВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ АТОМ- НОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. (Уровни облучения и здоровье персонала)

Результаты длительных исследований доказывают, что облучение работников атомных объектов может быть сведено до уровня, не представляющего серьезной опасности для здоровья.

39 Заваззин Г. А. ЗАПОВЕДНИКИ ДЛЯ МИКРОБОВ

Среди охраняемых объектов биосферы пока не значатся микроорганизмы. А среди них есть и редчайшие отдельные виды, и целые сообщества, которые могут исчезнуть с лица Земли, если их не заповедовать.

КАМЕНЬ МЕСЯЦА

46 Цинобер Л. И., Ахметов С. Ф. АМЕТИСТ

52 Несис К. Н. КИШЕЧНИКИ У БЕСКИШЕЧНЫХ ЖИ- ВОТНЫХ

КРАСНАЯ КНИГА

54 Миноранский В. А., Добринов А. В. ХОДУЛОЧНИК В АНТРОПОГЕННОМ ЛАНДШАФТЕ

58 Ширинова Ф. А., Новрузов Н. Э. РЕДКИЕ КУЗНЕЧИКИ

60 Ильин В. Г., Ильясов Ю. П., Кузьмин А. Д. ПУЛЬСАРЫ — НЕЗАВИСИМЫЕ СТАН- ДАРТЫ ВРЕМЕНИ

Высокая стабильность вращения пульсаров открывает возможность более точного отсчета времени на длительных интервалах. Это должно помочь решению многих задач — в первую очередь, изучению динамики Солнечной системы и обнаружению гравитационных волн.

ВОЗВРАЩЕНИЕ

68 Кузнецов В. И. ТОРЖЕСТВО ТАЛАНТА

В. Н. Ипатьев, выдающийся русский химик, чье имя более полувека не упоминалось у нас в стране, счастливо сочетал уникальную способность прокладывать новые пути в фундаментальных исследованиях и создавать на этой основе принципиально новые производства.

84 Зонн С. В. ДЕГРАДАЦИЯ АГРАРНЫХ РЕСУРСОВ

При оценке состояния современного землепользования в юго-восточной части Европейской территории СССР с помощью фотоснимков из космоса выявились детали и причины деградации почв.

93 Горелик Г. Е. НАТУРФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ В 1937 ГОДУ

Как показывают архивные документы, в 1937 г. тщательно готовилась специальная сессия АН СССР, которая, по замыслам ее инициаторов, должна была заклеить «физический идеализм» И. Е. Тамма, Я. И. Френкеля, В. А. Фока, С. И. Вавилова и А. Ф. Иоффе.

103 НОВОСТИ НАУКИ

120 КОРОТКО

121 РЕЦЕНЗИИ

123 НОВЫЕ КНИГИ

ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

125 НЕИЗВЕСТНОЕ ПИСЬМО В. А. РУСА- НОВА. Публикация Волкова В. А. коммента- рий Корякина В. С.

CONTENTS

3 IN MEMORY OF ANDREI DMITRIEVICH SAKHAROV

5 Korogodin V. I., Korogodina V. L., Fejszi Cs. THE FUNCTIONAL CONCEPTION OF MUTAGENESIS

Numerous attempts to explain the patterns of mutagenesis that makes the basis of evolutionary changes have so far failed. The contemporary ideas of this complex natural process may have considerable influence on our understanding of evolution.

13 Rytov D. D. SOLAR POWER PRODUCTION AND ATMOSPHERIC HEAT POLLUTION

The idea that solar power production will fulfill human demands in energy without any risk of global raising of temperature is one more common delusion.

19 Rybin I. A. PSYCHOPHYSICS: SEARCH OF NEW APPROACHES

Why is man considered to be the measure of all things? The anthropic principle is one of the answers natural science provides to this question. Another answer relies on an analysis of the unique role of the so-called "golden section" in sensual perception.

26 Apollonov V. N. MINERALS IN POTASSIUM DEPOSITS

A rich variety of microminerals were discovered in the snow-white potassium deposits of Nepa [Eastern Siberia].

30 Nikipelov B. V., Lyzlov A. F., Koshurnikova N. A. AN EXPERIENCE OF THE FIRST NUCLEAR INDUSTRIAL ENTERPRISE. (Radiation levels and health)

Studies that were conducted for a long time have shown that radiation levels at nuclear industrial enterprises should not necessarily be hazardous for the personnel.

39 Zavarzin G. A. RESERVES FOR MICROBES

Microorganisms have not yet become an object of protection though some of the rarest species and entire communities of them are doomed to extinction unless they are protected.

46 Tzinobor L. I., Akhmetov S. F. AMETHYST

52 Nesis K. N. THE INTESTINE OF GUTLESS ANIMALS

54 THE RED BOOK Minoransky V. A., Dobrinov A. V. THE STILT-BIRD IN THE ANTHROPOGENIC LANDSCAPE

58 Shirinova F. A., Novruzov N. E. RARE GRASS-HOPPERS

60 Il'in V. G., Ilyasov Yu. P., Kuzmin A. D. PULSARS AS INDEPENDENT TIME STANDARDS

The high stability of pulsars' spinning offers a possibility of a more exact time reckoning within long periods of time. This can be used for the studies of the dynamics of the Solar system and detection of gravitational waves.

68 Kuznetsov V. I. TRIUMPH OF THE TALENT

For more than fifty years the name of V. Ipatiev, a great Russian chemist, was banished from monographs and textbooks. He was endowed with unique ability to pave new ways in fundamental research and to set up new types of industries on this basis.

84 Zonn S. V. DEGRADATION OF AGRARIAN RESOURCES

The details and causes of such degradation have been identified through space photography. They were used for assessing the state of agrarian resources in the south-eastern part of the European territories of the USSR.

93 Gorelik G. E. NATURAL-PHYLOSOPHIC PROBLEMS IN PHYSICS IN 1937

As archival materials show, a special session of the USSR Academy of Sciences was prepared to denounce "physical idealism" of I. E. Tamm, Ya. I. Frenkel, V. A. Fok, S. I. Vavilov and A. F. Ioffe.

103 SCIENCE NEWS

120 NEWS IN BRIEF

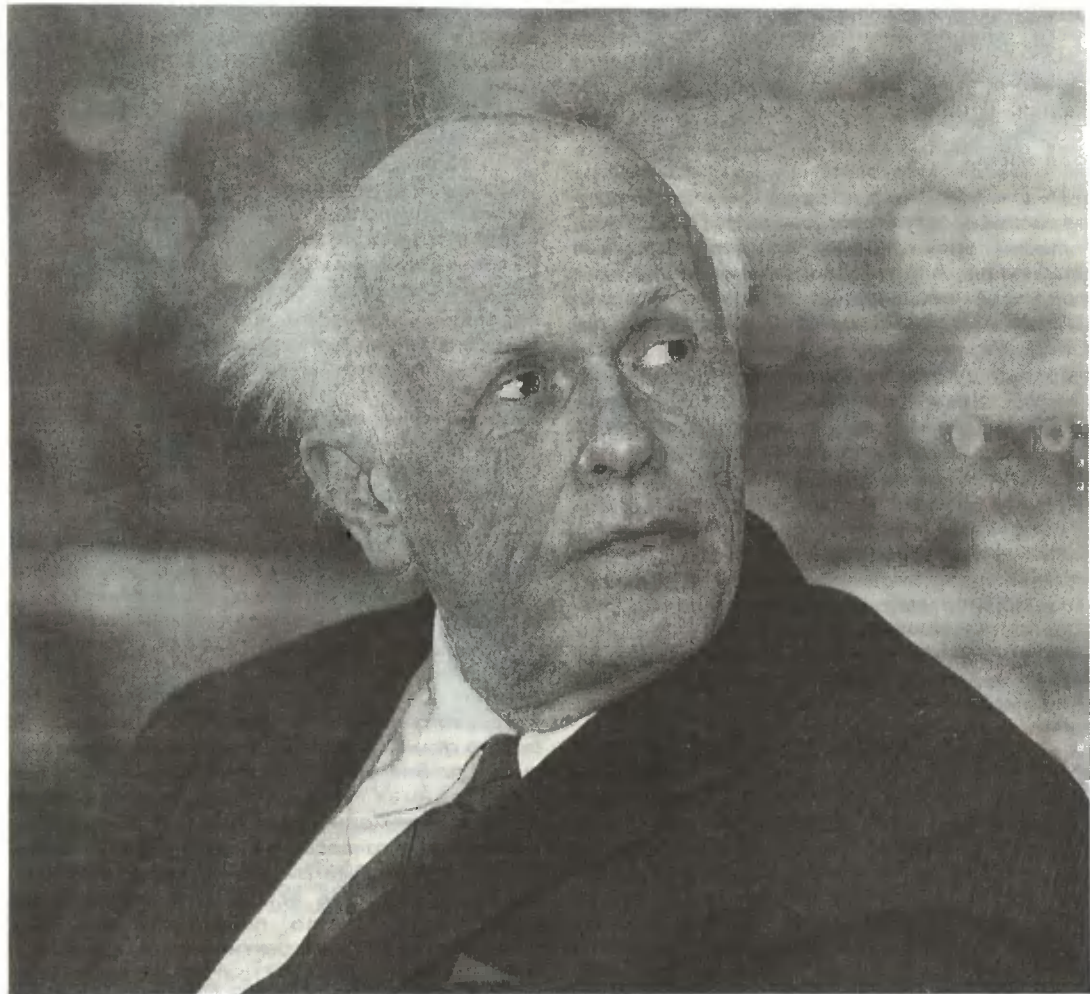
121 BOOK REVIEWS

123 NEW BOOKS

MEETING THE FORGOTTEN PAST

125 UNKNOWN LETTER OF V. A. RUSANOV Publication by Volkov V. A. Commentary by Koryakin V. S.

ПАМЯТИ АНДРЕЯ ДМИТРИЕВИЧА САХАРОВА



Когда рядом с тобой живет и действует человек, которого история назовет великим, масштаб его личности еще как-то можно охватить разумом. Сердцем же это начинаешь постигать, лишь испытав потрясение, вызванное его кончиной.

14 декабря 1989 г. ушел из жизни Андрей Дмитриевич Сахаров, крупнейший ученый-физик, выдающийся гуманист и общественный деятель современности.

Научная деятельность Андрея Дмитриевича во многом связана с Физическим

институтом им. П. Н. Лебедева АН СССР (ФИАНом). Здесь в 1945 г. он, вчерашний инженер оборонного завода, стал аспирантом Игоря Евгеньевича Тамма. Здесь он высказал свои первые блистательные идеи, заложив физические основы мирного (и немирного) использования термоядерного синтеза. Сюда он вернулся в 1969 г., когда известный «Меморандум Сахарова» (многим, что в нем содержалось, полны сегодняшние газеты) помешал, по чьему-то мнению, продолжению научно-практической деятельности Андрея Дмитриевича. Сотрудником ФИАНа он оставался и на далекой окраине Горького, где отбывал долгие семь лет ссылки. Вторично вернувшись в ФИАН, он проработал в его стенах три последних года жизни.

Сама жизнь диктовала ему в эти годы направление научного поиска. Находясь под большим впечатлением от чернобыльской катастрофы, Андрей Дмитриевич предложил свой вариант повышения безопасности ядерной энергетики — подземное размещение АЭС, путь, который, по его мнению, решал и волнующую всех проблему захоронения этих объектов. Ему принадлежит еще одна идея мирного использования ядерной энергии — ослабление очага землетрясения с помощью подземных ядерных взрывов. Совсем недавно он возглавил Совет по космо-микрофизике — новому разделу науки, возникшему на стыке физики микромира и космологии. Становление этого направления во многом связано с именем Андрея Дмитриевича, выдвинувшего еще в 1967 г. дерзкое по тому времени и блестящее объяснение избытка вещества над антивеществом во Вселенной.

Хочется думать, что дух фиановской школы Мандельштама — Тамма, к которой принадлежал Андрей Дмитриевич, оказал свое влияние и на формирование его личности, столь восхищающей современников.

Следуя убеждению, что только ядерный паритет предотвратит третью мировую войну, Андрей Дмитриевич был одним из главных действующих лиц среди тех, кто выковал для государства термоядерный меч. И он же, сознавая свою ответственность перед человечеством и лучше других понимая, что несет людям ядерная война, очень рано задумался об условиях, необходимых для мирного сосуществования. «Важнейший тезис, который... лег в основу моей позиции, — неразрывная связь международной безопасности, международного доверия и соблюдения прав человека, открытости общества» (из открытого письма А. Д. Сахарова

президенту АН СССР, октябрь 1980 г.). Так шел Андрей Дмитриевич к тому Сахарову, которого знает сегодня весь мир.

Трудно отделаться от мысли, что он послан нам из того далекого времени, когда русская интеллигенция была подлинно умом, честью и совестью эпохи (просто поразительно, насколько в молодости Андрей Дмитриевич был похож на молодого Достоевского). Высочайшая нравственная позиция составляла основу всего, что он делал, — от твердого и бесстрашного отстаивания своих убеждений до многочасового выстаивания на морозе перед закрытыми дверями «открытого» суда над правозащитниками или собственноручной отправки посылок осужденным инакомыслящим.

Нужно сказать, люди уже давно сумели разобратся, «кто есть кто». Об этом говорят многие сотни писем, приходивших в ФИАН на имя председателя Комитета защиты прав человека академика Сахарова, вмешательство которого было для авторов писем последней надеждой. Об этом же говорит и маленький, но врезавшийся в память эпизод: во время одного из своих визитов к Андрею Дмитриевичу в Горький (а ФИАН отстоял свое право периодически посылать сотрудников для поддержания с ним научных контактов) автор этих строк был свидетелем того, с каким неподдельным уважением разговаривала с Андреем Дмитриевичем женщина-почтальон, приносившая ему корреспонденцию. А это происходило в то время, когда он был ссыльным «слугой империалистов», обливаемым грязью средствами массовой информации.

Сейчас, в первые дни после кончины Андрея Дмитриевича, пытаешься разобратся в своих чувствах. Вместе со скорбью и болью от необратимости случившегося испытываешь благодарное удивление, что такая неповторимая личность оказалась так близко от нас во времени и пространстве. Сюда примешивается тревога за судьбу страны, которую Андрей Дмитриевич оставил в критический момент ее истории. И конечно, не дает покоя чувство покаяния — ведь мы предоставили ему практически в одиночку противостоять административной системе и ее карательному аппарату, с которым он сражался, жертвуя своим здоровьем, благополучием и свободой во имя идеалов мирного будущего человечества, демократии и духовного раскрепощения.

© Член-корреспондент АН СССР
Д. А. Киржниц

В.И. Корогодин
В.Л. Корогодина
Ч. Файси

Функциональная концепция мутагенеза



Владимир Иванович Корогодин, профессор, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Отдела биофизики Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна). Область научных интересов — радиобиология клетки, генетика, теория информации.

Виктория Львовна Корогодина, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник этого же отдела. Область научных интересов — спонтанный и индуцированный мутагенез.

Чаба Файси, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института биофизики Биологического центра Академии наук Венгерской Республики (г. Сегед). Область научных интересов — математическое моделирование биологических процессов, радиобиология, генетика.

КАКОВЫ закономерности мутагенеза — процесса изменения мутирования генов, совокупность которых составляет наследственный аппарат организмов? Ответить на этот вопрос ученые стремятся уже десятки лет. Было много попыток, в разной степени удачных, но каждая из них отражала лишь отдельные стороны этого грандиозного, постоянно совершающегося в природе процесса, без которого не было бы самой биологической эволюции.

Хотя теория эволюции насчитывает около полутора веков, в ней еще много неясного. Однако специалисты в области популяционной генетики и микроэволюции быстро накапливают знания о закономерностях, которым подчинено эволюционное движение организмов, а возможные варианты макроэволюции широко обсуждаются в литературе. Иначе обстоит дело с мутагенезом. То, что растениям и животным свойственна наследственная изменчивость, знали, конечно, еще первые животноводы и земледельцы. Давно известны и две главные формы такой изменчивости: рекомбинационная, возникающая в результате скрещивания, и мутационная, не связанная с гибридизацией. Однако закономерности мутационного процесса еще только начинают вырисовываться.

Термин «мутация» для обозначения внезапно возникающих новых форм растений и животных предложил в конце прошлого века голландский ботаник и эволюционист Г. де Фриз. Он заимствовал этот термин у палеонтологов, называвших мутациями (от лат. *mutatio* — изменение) резкие смены представителей ископаемой флоры и фауны в последовательных слоях геологических отложений. Мутанты появляются, считал де Фриз, в результате резких изменений «наследственных зачатков». Время от времени тот или иной вид вступает в «мутационный период» и порождает множество новых форм, дающих начало новым разновидностям и видам. Но какова природа наследственных зачатков и что вызывает их изменения, было неизвестно.

Вторичное открытие законов Г. Менделя (1900) и выход в свет книги де Фриза (1901) стимулировали поиски мутантов. Вскоре были описаны десятки мутантов у разных живых организмов: от бактерий до млекопитающих. Однако ни в одном из этих случаев не было уверенности, что это — действительно мутанты, а не расщепившиеся гибриды, т. е. продукты когда-то происшедшего скрещивания.

Столь же ненадежными оказались и первые попытки ответить на вопросы, что собой представляют мутации и почему они происходят. Так, еще Ч. Дарвин упоминает о представлениях, согласно которым «в известные эпохи зачатки существующих видов могли подвергаться химическому действию некоторых специфических, их окружающих молекул и давать начало новым формам»¹, а в конце прошлого века Н. Ф. Гамалея описал свои наблюдения над влиянием химических веществ, взаимодействующих с «живым нуклеином», на наследственную изменчивость бактерий. В начале века английский генетик В. Бэтсон выступил с «теорией присутствия — отсутствия», согласно которой мутации — результат разрушений, исчезновения отдельных зачатков — генов. Среди некоторых микробиологов вплоть до середины века бытовала «адаптационная концепция» мутагенеза, согласно которой гены мутируют под влиянием внешней среды так, чтобы обеспечить лучшую приспособленность к ней организмов. Однако эксперименты, как будто подтверждающие эти представления, оказались результатами методических погрешностей.

Для строгого исследования мутагенеза требовались хорошо изученные в генетическом отношении объекты и тонкая техника экспериментов, позволяющая отличить истинных мутантов от рекомбинантов. Сделать это удалось лишь после того, как Т. Г. Морган ввел в генетику новый, чрезвычайно удобный объект — плодную мушку дрозофилу, показал (вместе со своими учениками), что наследственные факторы — гены — линейно расположены в хромосомах, и создал хромосомную теорию наследственности.

К 20-м годам в школе Моргана уже были идентифицированы многие гены дрозофилы, получены генетически чистые линии, разработаны методики для количественного учета новых мутаций.

ПЕРВЫЕ ФАКТЫ И ГИПОТЕЗЫ

Первые опыты Г. Меллера и Е. Альтенбурга (1919) по определению частот мутирования у дрозофилы показали, что спонтанно мутации возникают очень редко — с частотами 10^{-5} — 10^{-6} (один мутантный ген на 10^5 — 10^6 мух). При этом чем выше температура среды, тем больше частота мутирования.

Эти опыты послужили началом обширной программы по выяснению природы генов и их изменчивости. Сам Меллер не придавал особого значения обнаруженному им «температурному мутагенезу» — по той причине, что, во-первых, трудно «дозировать» воздействие температуры на мутагенез, а, во-вторых, невозможно установить, связано ли увеличение частоты с действием повышенной температуры непосредственно на сами гены или на физиологические процессы у дрозофилы, что лишь опосредованно влияет на генетический аппарат. Поэтому для основных исследований Меллер избрал ионизирующие излучения, природа взаимодействия которых с веществом уже была хорошо известна, которые можно было бы точно дозировать и для которых легче избежать артефактов, связанных с использованием повышенных температур.

Результаты опытов по радиационному мутагенезу Меллер доложил на Генетическом конгрессе в Берлине, в 1927 г.² Главные выводы были следующие. Ионизирующие излучения могут во много раз повышать частоту мутирования генов. Облучение вызывает такие же мутации (судя по проявлению), как и возникающие спонтанно. Это позволяло думать, что облучение лишь ускоряет мутационный процесс, и потому радиационный мутагенез может служить моделью для изучения спонтанной изменчивости генов. С этой поры излучения прочно входят в арсенал методов, применяемых в исследованиях по мутагенезу.

Спустя десять лет итоги исследований по радиационному мутагенезу подвели Н. В. Тимофеев-Ресовский, К. Г. Циммер и М. Дельбрук³, сформулировав так называемую термодинамическую концепцию мутационного процесса. Анализ собственных и полученных в других лабораториях результатов по зависимости частоты возникновения генных мутаций от дозы облучения,

¹ Дарвин Ч. Собр. соч. / Пер. К. А. Тимирязева. Т. 1. М., 1907. С. 63.

² Меллер Г. Дж. Избр. работы по генетике. М.: Л., 1937. С. 178—205.

³ Timofeeff-Ressovsky N. W., Zimmer K. G., Delbrück M. // Nachr. Ges. Wiss. Göttingen. Math.-phys. Kl. 1935. Bd. 6. S. 189—245.

длины волны излучения, распределения дозы во времени, а также от ряда сопутствующих факторов, в частности температуры, показал, что при облучении мутации генов происходят как одноэтапные события, вызываемые поглощением одного кванта излучения. Сопоставление частот индуцированных облучением мутаций со спонтанными частотами, а также влиянием на мутагенез повышенных температур привело авторов к выводу, что мутации генов представляют собой конформационные преобразования молекул, требующие значительной энергии активации. В опытах с облучением эта энергия поставляется ионизацией (и, возможно, возбуждением), а в обычных условиях — тепловым движением молекул. Сам ген, согласно этим воззрениям, — нечто вроде белковой макромолекулы, способной принимать различные конформации. Тем самым как будто решались вопросы и о природе радиационного, температурного и спонтанного мутагенеза. Различия в частотах спонтанного мутирования разных генов объяснялись разной энергией активации, требующейся для их конформационных переходов. Казалось, и феномен множественного аллелизма (когда один ген может принимать несколько мутантных форм), и существование «обратных мутаций» (переход мутантного гена в исходную, «дику» форму) нашли свое объяснение. Эта работа произвела большое впечатление в научных кругах, что ярко отражено в книге Э. Шредингера «Что такое жизнь с точки зрения физики?» (1946).

Но последующее развитие генетики и выяснение молекулярного строения генов показали, что ни сам ген, ни природа его изменчивости не имеют ничего общего с белковыми молекулами и их конформационными преобразованиями. Научное значение этой работы свелось в основном к строгому описанию количественных закономерностей радиационного мутагенеза, что в дальнейшем послужило основой принципа попадания и мишени. Что же касается спонтанного мутагенеза, то эта работа выявила лишь одну (правда, важную) его особенность — частота возникновения спонтанных мутаций намного выше, чем следовало бы ожидать, если бы это мутирование было обязано природному радиационному фону.

КОНЦЕПЦИЯ ДИСБАЛАНСА

Согласно термодинамической концепции мутационного процесса, повышение температуры должно увеличивать частоту генных мутаций, а понижение — уменьшать. Однако

уже в конце 30-х годов было установлено, что у дрозофилы частота мутирования генов увеличивается как при повышении, так и при понижении температуры по сравнению с оптимальной. Исходя из этого Ю. Я. Керкис предложил «физиологическую концепцию» мутагенеза, впоследствии дополнительно развитую М. Е. Лобашевым⁴.

Эта концепция основывалась на допущении, что спонтанные мутации возникают в результате разного рода физиологических и биохимических процессов в клетках и отражают степень неупорядоченности этих процессов. А если это так, то возрастание такой неупорядоченности, сопровождающее отклонение условий обитания от оптимальных, должно усиливать спонтанный мутагенез.

Несколько натурфилософский характер этих представлений компенсировался их эвристичностью. Действительно, из физиологической концепции следовало, что наивысшая мутабельность должна приходиться на границы ареала обитания видов, что могло иметь эволюционное значение. Разного рода внешние воздействия, например отклонение температуры от оптимальной, должны повышать мутабельность вследствие нарушения физиологического гомеостаза клеток и организмов. Правда, большие затруднения при проверке этой концепции связаны с определением степени оптимальности условий для данного организма, особенно при одновременном изменении нескольких параметров. И тем не менее идеи, заложенные в физиологической концепции, получили в последующем экспериментальную разработку. В 60-е годы выявились два направления. Во-первых, это изучение мутационных эффектов стресса — состояния организмов и клеток, очевидно связанного с физиологическим дискомфортом. В нашей стране это направление развивается в Институте цитологии и генетики СО АН СССР и непосредственно связано с именем Ю. Я. Керкиса, работавшего там в последние годы жизни. Во-вторых, это изучение генетических последствий дисбаланса пулов нуклеотидов или скоростей синтеза ДНК и белка, идущее сейчас в ряде лабораторий, но связанное с физиологической концепцией лишь логически.

В период, разделяющий появление физиологической концепции и начало экспериментальной разработки дисбаланса, в генетике произошел ряд событий, равных по

⁴ Керкис Ю. Я. // Усп. совр. биол. 1940. Т. 12. № 1. С. 143—159; Лобашев М. Е. // Вест. Ленингр. ун-та. 1947. № 8. С. 10—29.

значению только открытию генов и созданию хромосомной теории наследственности. Это открытие полового процесса у грибов и бактерий, разработка методов их генетического анализа и определения частот мутирования их генов; выяснение генетической роли ДНК и ее структуры; расшифровка кода генетической информации; выяснение механизмов синтеза белка; конкретизация на молекулярном уровне понятия «ген» и путей передачи наследственной информации от генов к признакам и от родителей к потомкам; открытие репарации ДНК от повреждений и взаимосвязи трех основных генетических процессов — репликации, репарации и рекомбинации ДНК. Короче говоря, за этот период родилась и созрела новая научная дисциплина — молекулярная генетика. Весь облик генетики коренным образом изменился. От поиска закономерностей генетических явлений перешли к изучению их молекулярной природы.

Выяснение строения генов и расшифровка их функций в жизни клеток позволили установить молекулярные события, лежащие в основе мутаций. Это — замена, вставка или выпадение в гене одного или нескольких нуклеотидов. Каждый ген, мутируя, может порождать множество аллелей, различающихся числом или последовательностью нуклеотидов. Обратные мутации — такие изменения ранее мутировавшего гена, которые приводят к частичному или полному восстановлению его исходных функций. Конкретизировано классическое утверждение о том, что мутации возникают в результате конвариантной редупликации генетических структур, или, как часто говорят, «ошибок репликации» ДНК. Подтвердилось и представление Меллера, согласно которому искусственные мутагены вызывают лишь такие мутации, которые возникают спонтанно, только со значительно меньшей частотой. Однако второе допущение Меллера о том, что искусственные мутагены лишь ускоряют природный мутагенез, вряд ли можно считать правильным: частоты мутаций разных генов при воздействии мутагенов меняются не пропорционально частотам их спонтанного мутирования. Все это теперь хорошо известно и вошло в учебники.

Но изучение молекулярной природы гена и его изменчивости не вскрыло закономерностей спонтанного мутагенеза. Прорыв в эту область наметился лишь в конце 50-х годов, когда был обнаружен феномен «бестиминовой гибели» бактерий.

Клетки, неспособные самостоятельно синтезировать тимин (один из нуклеотидов, из которых строятся молекулы ДНК) в ре-

зультате мутации гена, контролирующего его синтез, могут размножаться лишь в питательной среде, содержащей этот нуклеотид. В бестиминовой среде бактерии не размножаются и постепенно погибают. Если же в среде тимин присутствует в очень малом количестве, то клетки могут несколько раз поделиться, причем в культуре возникает множество самых разных мутантов, намного больше, чем у таких же бактерий в сбалансированной по тимину среде. Такой «валовой мутагенез» у дефектных по тимину бактерий изучали С. Е. Бреслер с сотрудниками (1970). Это явление логично было объяснить дисбалансом нуклеотидов: если в клетках нарушено необходимое для нормальной репликации ДНК соотношение концентраций нуклеотидов (аденин, гуанин, тимин, цитозин), то возрастает вероятность ошибок репликации, на место недостающего нуклеотида подставляется другой или образуется пробел, и частота мутаций возрастает.

В ходе обстоятельного изучения дисбаланса нуклеотидов на модельных системах (репликация ДНК фагов *in vitro*) и живых клетках (бактерий, дрожжей, высших растений и животных) выяснилось, что мутагенный эффект наблюдается как при недостатке, так и при избытке отдельных нуклеотидов: дисбаланс приводит к увеличению частоты не только генных мутаций, но и мутаций хромосом или рекомбинаций⁵.

Другой пример дисбаланса — нарушение оптимального соотношения скоростей синтеза ДНК и белка. Если у бактерий избирательно снизить скорость синтеза ДНК, например налидиксовой кислотой, частота генных мутаций возрастает. По мнению Г. Е. Фрадкина⁶, обнаружившего и тщательно изучившего это явление, в его основе лежит нарушение процессов репарации ДНК: репарационные ферменты не успевают ликвидировать разрывы ДНК, возникающие в ходе ее репликации, что и вызывает разного рода мутации.

Близок к мутагенным эффектам дисбаланса и мутагенез, вызываемый в клетках стрессовыми ситуациями. Известно, что стресс на клеточном уровне нарушает физиологические и биохимические процессы, в том числе и синтез ДНК. Р. И. Салганик, изучающий с группой сотрудников «стрессовый мутагенез» у бактерий, обсуждает ряд молекулярных механизмов, повышающих

⁵ Genetic consequences of nucleotide pool imbalance. N. Y., 1985.

⁶ Фрадкин Г. Е. Жизнеспособность, радиочувствительность, мутабельность клеток и метаболическая ДНК. М., 1983.

при стрессе частоту рекомбинаций, суть которых, в конечном счете, сводится к различного рода проявлениям дискоординации нормально протекающих в клетках генетических процессов⁷.

Логически стройная и весьма правдоподобная с точки зрения молекулярных механизмов дисбалансная концепция мутагенеза имеет один серьезный недостаток: с ее позиций трудно объяснить, почему увеличение частот мутаций при дисбалансе по-разному выражено для разных генов одной и той же клеточной популяции. Ведь у разных генов механизмы редупликации абсолютно идентичны, а соотношения четырех нуклеотидов сходны. Значит, дисбаланс нуклеотидов должен в равной мере повышать частоты мутирования разных генов. Но это не наблюдается ни у бактерий, ни у дрожжей — объектов, достаточно хорошо изученных в этом отношении. Чем же объяснить эти различия?

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ КОНЦЕПЦИЯ

Вряд ли можно сомневаться, что дисбаланс нуклеотидов, как и дисбаланс скоростей синтеза ДНК и белка, усугубляют ошибки репликации ДНК, но определяет ли этот механизм все особенности «дисбалансного мутагенеза» и прежде всего его генную специфичность? Ведь дисбаланс не ограничивается влиянием только на ход репликации ДНК, он сказывается на множестве клеточных процессов, в том числе и на регуляции активности многих генов. В литературе же еще четверть века назад начали появляться сообщения о влиянии функционального состояния генов на различные генетические события.

Напомним, что гены всех без исключения организмов могут находиться в трех функциональных состояниях: неактивном (репрессия), когда обе цепи ДНК образуют двойную спираль, как бы защищенную от внешних воздействий, особенно у эукариот, молекулами специальных белков, так что ген «молчит»; активном (дерепрессия), когда белковая «защита» снята, цепи ДНК раскручены и на одной из них идет синтез молекул информационной РНК; и в состоянии репликации, когда двойная спираль ДНК раскручивается и на обеих цепях идет синтез ДНК-копий. Регулировать функциональное состояние тех или иных генов удается, меняя условия культивирования клеток.

Еще в 60-е годы обнаружилось, что

если синхронизировать деление бактерий и в разные сроки кратковременно облучать их ультрафиолетовыми лучами, то по мере репликации ДНК мутационный спектр меняется — чаще мутируются то одни, то другие гены. Измененная мутабельность как бы скользит по молекуле ДНК, совпадая с точкой репликации. Явление это, указывающее на связь индуцированной мутабельности гена с его функциональным состоянием, использовали для картирования хромосом некоторых бактерий.

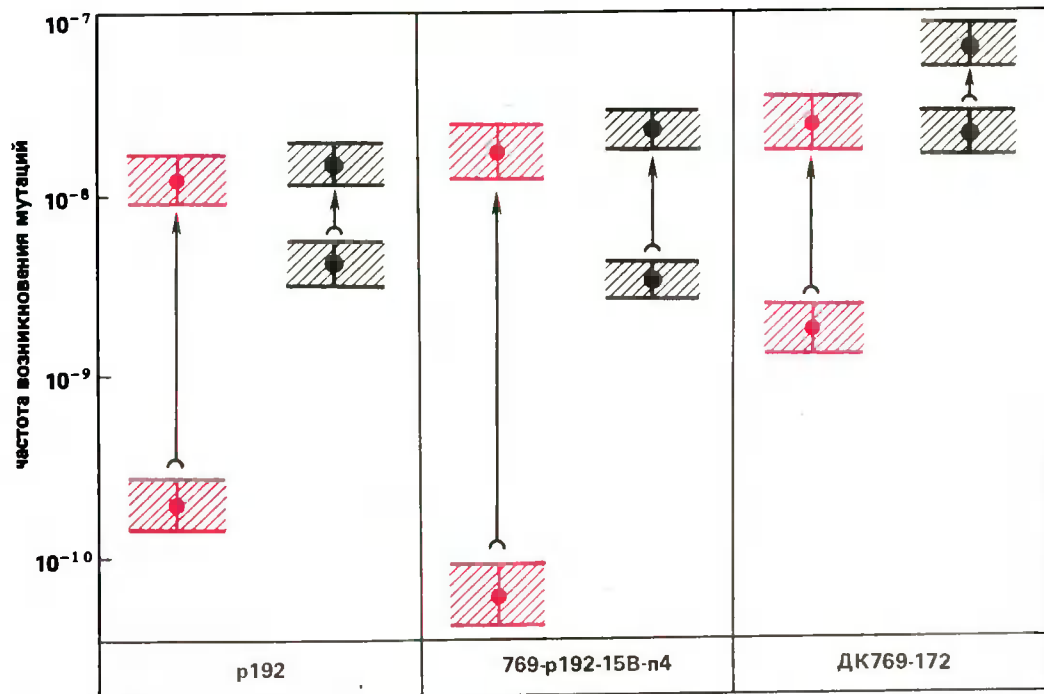
Несколько раньше на клетках дрожжей выяснилось, что гены в активном состоянии чаще вступают в рекомбинацию, чем репрессивные. А в опытах на бактериях установили, что активные гены гораздо чаще мутируют при действии УФ-света и химических мутагенов, чем неактивные, и что процессы фотореактивации после УФ-облучения значительно эффективнее идут на активных генах. Наконец, уже в 80-х годах обнаружили, что темновая репарация повреждений ДНК у клеток млекопитающих в культуре также значительно эффективнее осуществляется на работающем гене, чем на гене, находящемся в состоянии покоя⁸.

Заинтересовавшись этими фактами, мы провели серию экспериментов, чтобы выяснить, как влияет функциональное состояние гена на его мутабельность в условиях дисбаланса нуклеотидов.

В наших опытах использовались гаплоидные клетки дрожжей-сахаромицетов — низших эукариот, у которых генетический аппарат организован примерно так же, как у высших растений и животных. Для создания дисбаланса пулов нуклеотидов мы взяли мутанты с дефектом одного из генов, контролирующих синтез аденина, неспособные обеспечивать себя этим нуклеотидом. Такие клетки хорошо размножаются в среде, содержащей аденин, и быстро прекращают делиться без него. Разработав специальную технику эксперимента, мы определили частоту возникновения реверсов (т. е. клеток, у которых восстанавливалась способность самостоятельно синтезировать аденин) в одной и той же культуре дрожжей при сбалансированном пуле нуклеотидов и при остром дефиците по аденину.

⁷ Салганик Р. И. // Генетика. 1987. Т. 23. № 6. С. 1050—1063.

⁸ Clavilier L., Luzzati M., Slonimski P. P. // C. R. Soc. Biol. (Paris). 1960. Vol. 154. P. 1970—1974; Lipschutz R., Falk R., Avigad C. // Israel J. Medical Sci. 1964. Vol. 1. № 2. P. 323—324; Herman R. K., Dworkin N. B. // J. Bacteriol. 1971. Vol. 106. № 2. P. 543—550; Kolsch E., Starlinger P. // Z. Vererbungsl. 1965. Vol. 96. P. 304—306; Madhani H. D., Bohr V. A., Hanawalt P. C. // Cell. 1986. Vol. 45. P. 417—423.



Частота возникновения мутаций в гене, контролирующем синтез аденина (показан цветом), и в генах-супрессорах у разных штаммов дрожжей-сахаромикетов, неспособных синтезировать аденин. Внизу — частота мутаций генов при избытке аденина в среде, вверху — при его отсутствии. Стрелки указывают на изменение частоты мутаций при переходе гена, контролирующего синтез аденина, из неактивного состояния в активное.

Отметим, что реверсы могут возникать за счет мутаций двух типов: «обратных» мутаций первоначально нарушенного гена (локусные мутации) и «прямых» мутаций в генах-супрессорах (супрессорные мутации). Регуляция активности этих генов обеспечивается разными механизмами. Так, в среде с аденином гены, контролирурующие его синтез, подавлены, и только истощение аденина активирует их. Гены-супрессоры, обычно контролирурующие синтез транспортной или рибосомальной РНК, вероятно, активны постоянно, независимо от того, есть в среде аденин или нет. Переноса клетки из среды с аденином в среду без аденина и определяя в обоих случаях частоты локусных супрессорных мутаций, мы смогли изучить влияние дисбаланса нуклеотидов на частоту мутаций генов, находящихся в разных функциональных состояниях.

На среде без аденина (клетки здесь могли несколько раз поделиться за счет «остаточного роста»), где все интересующие

нас гены находились в активном состоянии, частота их мутаций была примерно одинаковой (10^{-8} на клетку на деление). Однако в среде с аденином, где гены-супрессоры «работают», а гены, контролирурующие синтез этого нуклеотида, «выключены», частота мутирования генов-супрессоров уменьшалась всего в несколько раз, а аденинового гена — очень сильно. В целой серии опытов на дрожжах разных штаммов мы получили сходные результаты. Если в присутствии аденина гены, контролирующие его синтез, мутируют в десятки и сотни раз реже, чем гены-супрессоры, то в его отсутствие частота мутаций в обеих группах выравнивается. Дисбаланс по аденину резко повышает частоту мутаций в генах, контролирующих его синтез (от 15 до 150 раз для разных штаммов), и лишь незначительно (в 2—4 раза) — в генах-супрессорах.

Очевидно, что такую генную специфичность дисбалансного мутагенеза объяснить одним только дисбалансом нуклеотидов невозможно. И сначала мы попытались объяснить это тем, что активные гены намного чувствительнее к дисбалансу, чем молчащие. Но каковы роли в общем эффекте функционального состояния генов и дисбаланса нуклеотидов?

⁹ Ильина В. Л., Корогодина В. И., Файси Ч. // Генетика. 1987. Т. 23. № 4. С. 637—642.

Чтобы ответить на этот вопрос, А. И. Чепурной и Н. Михова-Ценова (1988) провели аналогичные эксперименты на штаммах дрожжей, способных самостоятельно синтезировать все нуклеотиды, но содержащих мутации, блокирующие синтез двух аминокислот — лейцина и лизина. Гены, контролирующие синтез лейцина, активны лишь при исчерпании в среде этой аминокислоты, что, однако, никак не сказывается на функциональном состоянии генов, контролирующих синтез лизина. Выращивая такие клетки в среде с лейцином (когда гены, контролирующие его синтез, подавлены) или в среде с его дефицитом (когда гены, контролирующие его синтез, активны), эти авторы определяли частоты возникновения мутаций в лейциновом гене, лизиновом гене и генах-супрессорах. По мере обеднения среды лейцином частота мутаций лейцинового гена повышалась в десятки раз, генов-супрессоров — в несколько раз, а гена, контролирующего синтез лизина, не менялась. Но дефицит по лейцину не может вызывать дисбаланс нуклеотидов! Следовательно, мутабельность генов связана в основном с их функциональным состоянием.

Напомним, что в опытах как с аденином, так и с лейцином определялась спонтанная мутабельность генов — без искусственных мутагенов. Единственным меняющимся параметром было содержание в среде аденина или лейцина, что регулировало генную активность. Это позволило предположить, что частота спонтанных мутаций в значительной мере обусловлена функциональным состоянием генов: активные мутируют намного чаще, чем находящиеся в состоянии репрессии. Эту систему представлений мы и назвали функциональной концепцией мутагенеза, так же, по-видимому, можно объяснить результаты, полученные недавно американскими исследователями на бактериях¹⁰.

Чем же обусловлено изменение спонтанной мутабельности генов, переходящих из неактивного состояния в активное? Скорее всего, тем же, что и другие упоминавшиеся выше события, частота которых связана с функциональной активностью генов, — подверженность действию физических и химических мутагенов, репарированность ДНК и т. п. Конформация генов в активном состоянии резко меняется, ген как бы раскрывается и становится доступнее действию разных ферментов и внутриклеточных метаболитов, совокупный эффект которых и создает спон-

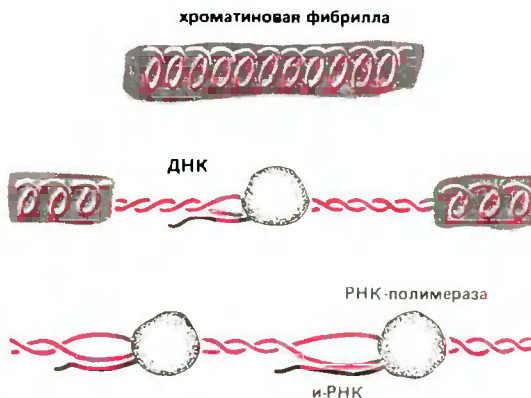


Схема изменений конформаций гена при его активации. Неактивные гены представляют собой компактные фибриллы (~30 нм в диаметре), где спирализованная ДНК накручена на гистоновые октамеры. При умеренной активации гена молекулы РНК-полимеразы вытесняют гистоновые октамеры на участке транскрипции, вследствие чего фибрилла в этой области разворачивается до 10 нм в диаметре. При интенсивной транскрипции удаляются все гистоны, молекула ДНК вытягивается и на ее деспирализованных участках синтезируется информационная РНК.

танный мутационный фон. В этом отношении спонтанный мутагенез, видимо, мало отличается от других генетически значимых событий с участием ДНК: репарации и рекомбинации.

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

На примере генных мутаций мы проследили основные этапы развития представлений о мутационном процессе — от ранних натурфилософских построений до современных попыток понять механизмы и закономерности этого важнейшего свойства живых организмов.

Мы видели, как первые исследования мутагенеза на дрозофиле (а позже — и на других объектах) показали очень низкие частоты мутаций отдельных генов, а также важную закономерность мутационного процесса, проявляющуюся в различии частот мутаций разных генов у одних и тех же организмов. Физиологическая концепция подчеркивала, хотя и в общем виде, большую роль, которая принадлежит в мутационном процессе метаболизму клеток, его отклонениям от гомеостаза. Концепция дисбаланса стремилась конкретизировать понятие «физиологического дискомфорта», связывая мутабельность генов с нарушением нормальных условий синтеза ДНК, но, к сожалению, не могла объяснить различия в частотах мутирования разных генов и зави-

¹⁰ Cairns J., Overbaugh J., Miller S. // Nature. 1988. Vol. 335. № 6186. P. 142—145.

симость «мутационных спектров» от условий культивирования клеток. Наконец, функциональная концепция отражает роль функционального состояния генов в их ответах на эндогенный и экзогенный мутагенный фон, что, по-видимому, служит одной из причин различных мутационных спектров клеток при разных условиях их культивирования.

Попытаемся теперь наметить основные закономерности природного мутационного процесса. Можно думать, что ведущая роль здесь принадлежит структурной организации и функциональному состоянию генетического аппарата клеток. Роль же факторов внешней среды в мутагенезе тройкая. Некоторые из них могут сами служить мутагенами (как, например, природный радиационный фон), вызывая дискретные генетические изменения. Другие способны влиять на стабильность физиологических и биохимических процессов, вызывая дисбаланс и тем самым повышая эндогенный мутагенный фон. Наконец, условия среды обитания определяют функциональное состояние клеток, подавляя одни и активируя другие гены и, следовательно, заметно меняя их восприимчивость к действию мутагенов разной природы. И хотя молекулярные события, приводящие к разного рода мутациям, а также молекулярные изменения генетических структур, эти мутации представляющие, во всех случаях одинаковы, частоты разных мутаций в разных ситуациях могут сильно различаться.

Если наша гипотеза о связи мутабельности генов с их функциональным состоянием со временем подтвердится на разных объектах и, таким образом, приобретет статус всеобщности, старый вопрос о влиянии внешних условий на мутационный процесс будет решен. Естественно, что в этом случае мутагенез клеток надо будет характеризовать не одним числом, а распределением частот мутаций разных генов на пространстве режимов. Трудности экспериментального нахождения такого распределения полностью окупятся его эвристичностью.

Три следствия из этих представлений, достойные дальнейшей разработки, можно наметить уже сейчас.

Если гены мутируют тем чаще, чем интенсивнее они работают, то мутационный

спектр клеток должен отражать функциональное состояние их генетического аппарата при данных внешних условиях. В таком случае ряд вопросов молекулярной генетики, связанных с регуляцией генов в живых клетках, можно будет изучать, используя в качестве маркеров частоты мутаций разных генов. Не исключено, что некоторые физические или химические факторы, усиливающие выраженность влияния функционального состояния генов на их мутабельность, смогут выступать здесь в роли своеобразного микроскопа.

Кроме того, как отмечалось выше, активные гены не только обладают повышенной мутабельностью, но и эффективнее участвуют в разных генетических процессах — репарации, рекомбинации. Возможно, функциональное состояние генома влияет и на такие события, как взаимодействие генов с мобильными генетическими элементами, транспозиция и амплификация генов. Это может иметь важное значение для дифференцировки клеток и тканей, синтеза иммуноглобулинов и других процессов, в совокупности представляющих собой онтогенез многоклеточных организмов.

И наконец, как отмечали еще в 1971 г. Р. К. Герман и Н. Дворкин, одни из первых авторов, описавших влияние функционального состояния генов на их мутабельность, явление это может существенно отразиться на нашем понимании эволюции. Представление о независимости мутагенеза от условия обитания должно будет уступить место признанию определенной «направленности» наследственной изменчивости, в том смысле, что гены, интенсивнее работающие в данных условиях, чаще мутируют и, тем самым, представляют собой более мобильный материал для естественного отбора, нежели стабильные, консервативные, в данных условиях не используемые. Для популяции это может означать большее разнообразие белков, контролируемых активными генами, что должно обеспечивать большую пластичность популяции и устойчивость при варьирующих внешних условиях¹¹.

¹¹ Эту мысль подсказал авторам Н. А. Колчанов.

Д.Д. РЮТОВ

Солнечная энергетика и тепловое загрязнение атмосферы



Дмитрий Дмитриевич Рютов, член-корреспондент АН СССР, главный научный сотрудник Института ядерной физики СО АН СССР. Занимается проблемами физики плазмы и управляемого термоядерного синтеза.

КОГДА речь идет о перспективах роста производства и потребления энергии на Земле, то в качестве одной из трудностей, с которыми человечеству придется столкнуться в будущем, называется «тепловое загрязнение» атмосферы — нагрев ее теплом, выделяемым энергетическими установками.

Широко распространено мнение, что от проблем, связанных с тепловым загрязнением, свободна солнечная энергетика и что эта особенность является чуть ли не внутренне присущим ей свойством. По этому признаку часто проводится противопоставление солнечной и других видов энергетике, и делается вывод, что только первая сможет удовлетворить растущие потребности человечества.

Не отрицая заманчивых перспектив солнечной энергетике, особенно в задаче обеспечения энергией пустынных районов, хотелось бы обратить внимание на то, что в смысле теплового загрязнения на самом деле она не имеет особых преимуществ по сравнению с другими видами энергетике, так что выбор способа производства энергии будет определяться, в конечном итоге, экономическими соображениями.

Надо заметить, что в ближайшие десятилетия прямое тепловое загрязнение не будет играть сколько-нибудь значительной роли в тепловом балансе атмосферы¹. Более опасен сейчас парниковый эффект, вызываемый в основном накоплением в атмосфере углекислого газа — неизбежного продукта сгорания ископаемого топлива. Поэтому можно было бы пренебречь вышеупомянутой точкой зрения, отнеся ее к разряду безобидных заблуждений. Но эта точка зрения уже сегодня довольно широко используется для обоснования путей развития энергетике на далекую перспективу, когда энерготехнологии, использующие сжигание ископаемого топлива, будут вытеснены более

© Рютов Д. Д. Солнечная энергетика и тепловое загрязнение атмосферы.

¹ Имеется в виду глобальный баланс. Локальное тепловое загрязнение вблизи крупных энергообъектов причиняет много беспокойств уже в наши дни.

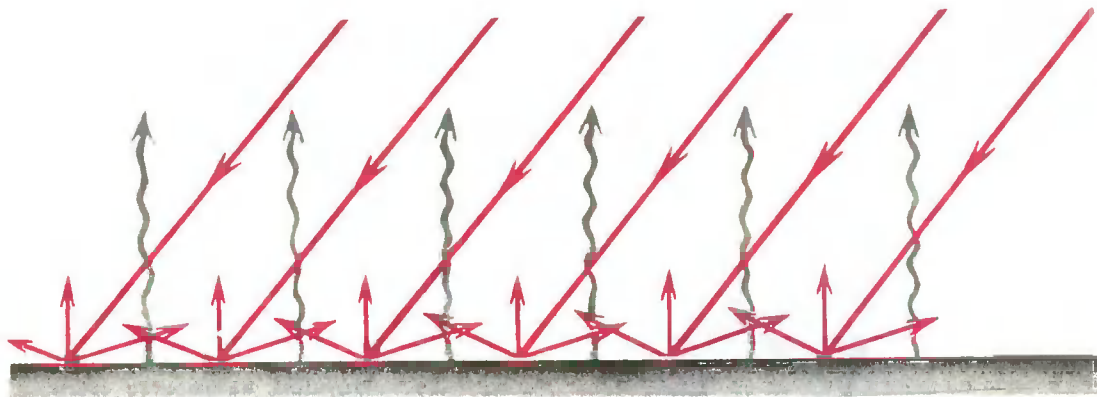


Схема потоков энергии у поверхности Земли. Прямой солнечный свет (цветные стрелки) частично поглощается поверхностью, в результате чего на единицу площади выделяется мощность $Q=q(1-\alpha)$. Благодаря конвекции и лучистой теплопроводности это тепло (в о л и с т ы е стрелки) передается в верхние слои атмосферы и уносится в космическое пространство. Чем больше Q , тем выше установившаяся температура приземных слоев воздуха.

передовыми, полное производство энергии вырастет в несколько раз и проблемы прямого теплового загрязнения действительно выйдут на передний план. В таком контексте это заблуждение, создав некоторый стереотип мышления, может стать источником грубых стратегических ошибок.

Традиционно и, по-видимому, оправданно считается, что солнечные энергетические установки следует размещать в районах пустынь, для которых характерны большие интегральные потоки излучения за год. Если говорить о нашей стране, то речь может идти о пустынях Средней Азии. При этом, чтобы удовлетворить заметную (скажем, 50 %) долю прогнозируемых на начало следующего тысячелетия потребностей страны в энергии, солнечными преобразователями и вспомогательными устройствами следует покрыть десятки тысяч квадратных километров территории. Нарушение теплового баланса на столь больших площадях в самом деле может стать источником серьезных неприятностей, и вопрос о тепловом загрязнении здесь действительно важен.

Посмотрим сначала, как устанавливается тепловой баланс в «естественных» условиях, до фактического размещения энергетических установок. Для простоты будем считать, что атмосфера прозрачна для солнечного излучения (в том числе для отраженного от поверхности пустыни). Если альбедо (коэффициент отражения) поверхности пустыни обозначить через α , а плотность падаю-

щего потока солнечного излучения — через q , то для тепловой мощности Q , выделяемой на единицу площади пустыни, получим простое соотношение: $Q=q(1-\alpha)$. Посредством конвекции и лучистой теплопроводности в инфракрасной области выделяющееся у поверхности тепло переносится в верхние слои атмосферы и, в конечном итоге, излучается в космическое пространство. В рамках принятой модели (предполагающей, что атмосфера прозрачна как для падающего, так и для отраженного солнечного излучения) именно величина Q определяет температурный режим территории. Значения q и α меняются в течение суток и от сезона к сезону, но мы для простоты будем пользоваться их усредненными по году значениями. Конечно, столь грубая модель непригодна для точных расчетов, но общее представление о тепловом балансе все же дает.

По имеющимся данным, альбедо поверхности пустынь обычно лежит в пределах от 0,2 до 0,45. Средний по году поток q на широте среднеазиатских пустынь в предположении о прозрачности атмосферы² примерно равен 0,3 кват/м².

Рассмотрим теперь тепловой баланс после размещения солнечных преобразователей. Остановимся сначала на воображаемом случае, когда преобразователи с альбедо α_n (индекс «n» соответствует слову «преобразователи») полностью покрывают некоторую территорию площадью S , а произведенная ими энергия используется здесь же, в пределах этой площади (некая модель замкнутого энергопромышленного комплекса). Будем считать, что потребляющие энергию объекты (горнодобывающие предприятия,

² Фактически из-за неполного прохождения света через атмосферу и наличия облачности доступная для использования величина q в 2—3 раза меньше.



Возможный способ сохранения теплового баланса пустыни (ее участок в «естественных» условиях дан на рисунке слева) при разворачивании солнечных энергетических установок (в середине) и термоядерных (справа). Области, занятые солнечными преобразователями, хорошо «усваивающими» солнечный свет, показаны в виде зачерченных полос. Чтобы восстановить тепловой баланс, нарушенный в результате размещения солнечных преобразователей, остальную часть территории надо покрыть пассивными отражателями с таким альбедо, чтобы компенсировать избыточное по сравнению с естественным поглощение солнечной энергии преобразователями. Если же на той же площади разместить термоядерные установки, то тепловой баланс можно сохранить, покрыв всю территорию отражателями с высоким альбедо.

заводы и т. п.) занимают пренебрежимо мало места и не влияют на альбедо территории. В рамках такой модели принимаемая преобразователями мощность есть $q(1-\alpha_n)S$. Часть ее из-за отличия КПД преобразователей от 100 % сразу переходит в тепло, остальная — используется потребителями в виде «полезной» мощности. Но так как потребители расположены здесь же, а «полезная» мощность в ходе различных производственных процессов все равно переходит в тепло³, количество выделяющегося тепла на рассматриваемой нами территории равно всей принятой преобразователями мощности $q(1-\alpha_n)S$ и не зависит от КПД преобразователей.

В отличие от первой рассмотренной нами ситуации, когда количество тепла, выделяемое на единицу площади в единицу времени, равнялось $q(1-\alpha)$, теперь аналогичная величина равна $q(1-\alpha_n)$. Очевидно, что при $\alpha_n = \alpha$ тепловой баланс территории остается прежним, т. е. не происходит ни ее перегрева, ни переохлаждения. По-видимому, на

этом и основывается мнение, что солнечная энергетика не связана с тепловым загрязнением. Между тем уже тот факт, что баланс не нарушается только при одном определенном значении α_n , означает, что отсутствие тепловых загрязнений отнюдь не является внутренним свойством солнечной энергетики: при $\alpha_n < \alpha$ температура энергетической площадки повысится, а при $\alpha_n > \alpha$ — понизится. Наибольшую опасность при этом может представлять не столько собственно изменение температуры, сколько сильное нарушение атмосферной циркуляции в больших районах, изменение условий увлажнения, усиление ветровой эрозии и т. д.

Разумеется, площадь S по многим причинам нельзя плотно «заставить» солнечными преобразователями, наверняка останутся и пустые места, но это обстоятельство ничего не меняет в наших выводах.

Поскольку солнечные преобразователи — устройства относительно сложные и дорогие, из экономических соображений желательно, чтобы они «усваивали» как можно большую часть падающей на них солнечной энергии, т. е. чтобы их альбедо (α_n) было как можно меньше: при фиксированном КПД преобразования полезная мощность, снимаемая с единицы площади, пропорциональна $1-\alpha_n$. Но, как было только что отмечено, при $\alpha_n < \alpha$ нарушается тепловой баланс поверхности. Выправить ситуацию можно, заняв преобразователями только некоторую часть площади, а остальную покрыв пассивными отражателями с альбедо α_k , наличие которых компенсировало бы избыточное поглощение преобразователями⁴ (индекс «к» соответствует слову «компенсация»). Легко показать, что и в этом случае при правильном подборе площади компенсирующих покрытий можно

³ В рамках современных массовых технологий доля энергии, перешедшая не в тепло, а в конечный продукт (например, в энергию деформации материала изделий, произведенных штамповкой), пренебрежимо мала, особенно при учете различных «накладных» расходов.

⁴ На эту возможность много лет назад указал советский физик М. В. Бабыкин.



Чтобы компенсировать выделение 1 млн кВт мощности, производимой лишь одной теплоцентралью на юго-западе Москвы, нужно было бы существенно повысить альbedo участка территории площадью примерно 20 км² (белый квадрат на рисунке). Впрочем, если «заботиться» только о сохранении глобального теплового баланса, то «компенсирующий» участок можно было бы вынести и на некоторое расстояние за город, однако в любом случае его площадь неприемлемо велика. С другой стороны, надо иметь в виду, что в центральном районе страны допустимый уровень тепловых загрязнений (в среднем по территории) еще не превышен — ведь сейчас мы обходимся без компенсирующих покрытий, а погодные условия остаются сносными.

Покажем теперь, что те же самые выводы относятся и к другим типам энергетических установок, например (речь идет о XXI веке!), к термоядерным реакторам. Конечно, если просто разместить их более или менее произвольно по поверхности Земли и не принять никаких дополнительных мер, то средняя температура атмосферы повысится — с этим очевидным обстоятельством и связано, по-видимому, представление о неизбежности теплового загрязнения при таком способе производства энергии. Но действовать можно и более целесообразным способом — например, использовать компенсирующие покрытия и тем самым сохранить тепловой баланс. Поскольку при ориентации на солнечную энергетику мы были согласны на отчуждение больших площадей в зоне пустынь, естественно сначала рассмотреть вопрос о том, сколько энергии можно будет производить на той же самой площади при развертывании на ней конкурирующей системы — термоядерных энергетических установок. При этом потребляющие объекты, как и прежде, будем считать также расположенными в пределах этой площади. В таких условиях вся тепловая мощность $P_{T\lambda}$, вырабатываемая термоядерными станциями (в том числе и «полезная» мощность), остается в пределах площади S . Если вся она покрыта пассивными отражателями с альbedo α_k , то на единицу площади будет выделяться тепловая мощность

$$Q = q(1 - \alpha_k) + P_{T\lambda}/S.$$

сохранить тепловой баланс⁵. Поскольку пассивные отражающие поверхности наверняка существенно дешевле преобразователей, такой подход выглядит целесообразным.

Таким образом, при развертывании крупных солнечных энергетических систем сохранение теплового баланса Земли автоматически отнюдь не гарантировано; вместе с тем при правильном подходе к проблеме, его действительно можно сохранить.

⁵ Соответствующие довольно элементарные вычисления можно найти в препринте: Рютов Д. Д. Солнечная энергетика и «тепловое загрязнение» атмосферы. Институт ядерной физики СО АН СССР, № 89-6, январь 1989 г.

Вспоминая, что в естественных условиях $Q=q(1-\alpha)$, приходим к заключению, что тепловой баланс можно сохранить и в этом случае: для этого мощность термоядерных реакторов должна составлять $P_{тj}=qS(\alpha_k-\alpha)$. Максимальная мощность, которую можно производить (и потреблять) на площади S без нарушения теплового баланса, достигается при $\alpha_k=1$ и совпадает с максимальной мощностью, которую можно производить на этой же площади с помощью солнечных энергетических установок.

Разумеется, количественное значение этого факта не следует абсолютизировать, поскольку есть различные не обсуждавшиеся пока обстоятельства, которые могут влиять на тепловой баланс как в ту, так и в другую сторону (о них мы еще будем говорить), но с принципиальной точки зрения ситуация ясна: избежать теплового загрязнения можно при использовании как солнечной, так и других видов энергетике. Вопрос лишь в том, что экономически выгоднее: покрыть, например, 60 % (при $\alpha=0,4$) площади S солнечными преобразователями, а 40 % — компенсирующими отражателями или разместить на ней некоторое количество термоядерных установок, покрыв всю площадь пассивными отражателями. Поскольку в качестве пассивного отражателя можно использовать первичную поверхность пустыни, обработанную тем или иным способом, то стоимость отражателя может быть сделана, по-видимому, очень низкой. Можно пофантазировать и о том, чтобы в качестве пассивных отражателей применять облака, стимулируя их появление в дневное время.

При сравнении экономических показателей очень важным становится вопрос о КПД преобразователей. При равных тепловых мощностях солнечной и термоядерной энергетических систем производимая ими «полезная» мощность пропорциональна КПД, значения которых для обеих систем по современным представлениям будут лежать в диапазоне 30 %.

Идея применения больших по площади компенсирующих отражателей сначала вызывает некоторое внутреннее сопротивление: ведь сегодня, когда строится тепловая или атомная станция, ничего подобного не делается, а создание отражателей явно потребует дополнительных расходов и наложит определенные ограничения на хозяйственное использование больших площадей. Но нужно вспомнить, что при разворачивании солнечной энергетической системы те же площади все равно были бы заняты солнечными преобразователями, стоимость которых была бы существенно более высокой и наличие которых

еще более ограничивало бы хозяйственную деятельность. Так что с «эстетической» точки зрения оба варианта более или менее равнозначны, и основанием для выбора будут чисто экономические характеристики. Каков из вариантов окажется дешевле, рассудит будущее.

Мы рассмотрели условия сохранения теплового баланса в среднем по году. Между тем если потребители энергии будут настаивать на поддержании примерно постоянного во времени уровня мощности, то при выполнении условий среднегодового баланса возникнет суточный и сезонный дисбаланс. Эта проблема в равной мере относится как к термоядерной, так и к солнечной энергетике, причем в последнем случае дело осложняется необходимостью создания аккумуляторов энергии, выработанной в благоприятное по освещенности время.

До сих пор обсуждалась воображаемая ситуация, когда вся энергия производится и потребляется в пределах одной и той же территории. Если рассматривать солнечную энергетiku, то более реальна, по крайней мере в настоящее время, другая ситуация, когда энергия производится солнечными преобразователями в зоне пустынь в низких широтах и транспортируется в зону средних и высоких широт; где и потребляется. Возникает вопрос, можно ли сохранить тепловой баланс одновременно и в зоне производства, и в зоне потребления. Заметим, что сохранение баланса в зонах энергопроизводства и энергопотребления, взятых по отдельности, не менее важно, чем сохранение суммарного (глобального) баланса, поскольку нарушения теплового режима на удаленных друг от друга крупных территориях могут быть источником не менее серьезных климатических изменений, чем глобальное потепление.

Сохранения теплового баланса в зоне производства можно, как и прежде, добиться с помощью компенсирующих покрытий, занимающих часть площади. Альbedo покрытий теперь существенно зависит от КПД преобразователей. Так, если бы в нашем распоряжении были очень эффективные преобразователи с КПД, близким к 100 %, то почти вся падающая на них солнечная энергия отводилась бы из зоны энергопроизводства и не вносила бы вклада в ее нагрев. В таком случае, чтобы температура в зоне энергопроизводства не понизилась, следовало бы использовать покрытия с альbedo более низким, чем у исходной поверхности пустыни. При невысоком КПД нужно будет применять отражающие покрытия с большим альbedo.

Что касается зоны энергопотребления, то и здесь вопрос, в принципе, решается с помощью отражающих покрытий. Те же средства применимы и при производстве энергии другими энергетическими установками, например термоядерными реакторами.

Таким образом, и в случае, когда зоны энергопроизводства и энергопотребления разделены, солнечная энергетика в смысле теплового загрязнения среды также не имеет преимуществ по отношению к другим видам энергетики. Если же поставить вопрос о суточном и сезонном дисбалансе, то связанные с ним проблемы сохраняются.

К сожалению, поток энергии солнечного излучения, приходящийся на единицу площади, в средних и высоких широтах существенно меньше, чем в зоне пустынь (особенно при учете менее благоприятных условий облачности). Поэтому, чтобы на широте Москвы с помощью отражающих покрытий компенсировать тепловую мощность, скажем, в миллион киловатт (мощность ТЭЦ среднего масштаба), пассивными отражателями надо было бы покрыть десятки квадратных километров территории, что не представляется реальным. Подчеркнем, что эта проблема — общая как для солнечной, так и для других видов энергетики. Частично решить ее можно путем переноса наиболее энергоемких производств в зону пустынь, где выделение избыточного тепла можно компенсировать увеличением альбеда относительно небольших площадей (здесь существенно выше поток солнечного излучения).

Вопреки распространенному мнению, проблемы теплового загрязнения стоят и перед ветровой энергетикой. В самом деле, изменение условий переноса тепла вдоль поверхности Земли, связанное с широкомасштабным развертыванием ветровых станций, будет влиять на распределение температуры вдоль поверхности Земли и, вообще говоря, на отвод тепла от Земли в космос. Возникающий дисбаланс и в этом случае восстанавливается правильным размещением пассивных отражателей (или поглотителей). Быть может, с помощью специально подобранного территориального распределения ветровых станций можно будет создать условия, при которых изменение атмосферной циркуляции будет таким, чтобы не вызвать нарушения глобального баланса. Но это должно быть именно специально подобранное распределение. Конечно, и в отношении ветровой энергетики эти проблемы станут существенными, только если этот способ производства энергии будет обеспечивать заметную (в десятки процентов) долю прогнозируемых на вторую половину XXI в.

потребностей человечества, а это кажется маловероятным.

Еще раз подчеркнем, что точный количественный смысл приведенным выше формулам придавать не следует — модель слишком груба. В более совершенных моделях следует учитывать поглощение прямого и отраженного солнечного света в атмосфере, изменение q и α во времени (в частности, из-за изменения высоты Солнца под горизонтом) и многое другое. Исключительно интересен вопрос о допустимой величине суточных, сезонных и средних по году возмущений. Но рассмотрение всех этих обстоятельств (которые нужно учитывать при анализе перспектив любых энергетических систем) — задача совершенно другого класса сложности. В любом случае маловероятно, чтобы размещение крупных энергетических систем не вызвало некоторого изменения атмосферной циркуляции, условий облачности, количества осадков и т.д. Если смириться с неизбежностью этих изменений, то их, по видимому, можно будет использовать «во благо», для облегчения поддержания глобального баланса более экономными средствами, чем прямым воздействием на альbedo тех или иных территорий.

Здесь сознательно не затрагивался вопрос о том, какой вид энергетики имеет более благоприятные экономические перспективы. Это — предмет отдельного большого разговора.

Подведем некоторые итоги. Из сказанного видно, что, как и утверждалось в начале заметки, солнечная энергетика не имеет очевидных преимуществ перед другими видами энергетики в отношении теплового загрязнения атмосферы: для всех видов энергетики имеются достаточно простые способы сохранения усредненного по году глобального теплового баланса и остаются довольно серьезные проблемы с сезонным и суточным дисбалансом, равно как и с локальным перегревом и переохлаждением. Если всерьез возникнет вопрос о развертывании энергетических систем, не вызывающих глобального теплового загрязнения, то выбор их конкретных типов будет определяться экономическими и, возможно, политическими⁶ соображениями, а не априорной «чистотой» солнечной или ветровой энергетики.

⁶ Политические проблемы могут возникнуть, в частности, из-за того, что занятие энергетическими системами огромных площадей в зоне пустынь может не встретить положительного отношения проживающих там народов. Впрочем, и этот вопрос, быть может, сведется к вопросу о величине финансовой компенсации.

И.А.Рыбин **ПСИХОФИЗИКА:** **ПОИСК НОВЫХ ПОДХОДОВ**



Игорь Алексеевич Рыбин, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных Уральского государственного университета им. А. М. Горького. Специалист в области психофизики и психофизиологии восприятия.

НЫНЕ ТРУДНО кого-либо удивить сложными названиями научных дисциплин: астрофизика, палеоботаника, радиоэкология, нейрокибернетика, психолингвистика — каких только нет. Происходит интенсивный синтез знаний, отдаленные сферы исследований смыкаются на основе открываемых точек соприкосновения и взаимосвязей, научные проблемы становятся все более комплексными.

Если судить по названию, психофизика — одна из таких гибридных наук. При этом старейшая: датой ее рождения считается 1860 г., когда вышел в свет фундаментальный труд немецкого ученого Г. Фехнера «Элементы психофизики». Возникновение психофизики, однако, не отражало тенденцию к интеграции знаний, столь характерную для нашего времени. Напротив, оно — яркий пример процесса дифференциации, происходившего в естествознании, начиная со времен Г. Галилея, Р. Декарта, У. Гарвея.

Психофизика родилась в рамках проблемы отношения психического к физическому. Вопрос о том, как отражается в наших ощущениях окружающий мир, ставился с античности, но с особой четкостью он сформулирован в дуалистической философии Декарта, который утверждал независимое существование материи — субстанции протяженной, но немыслящей — и души — субстанции мыслящей, но непротяженной. Оставляя в стороне философские коллизии вокруг этого вопроса, отметим, что картезианское противопоставление физического и психического дало толчок к естественнонаучному изучению проблемы восприятия на основе принципа адекватности отражения. Как развитие этого принципа возникла идея не только качественного, но и количественного соответствия ощущений вызывающим их воздействиям на органы чувств. За разработку этой идеи взялись экспериментаторы.

ЗАКОНЫ ПСИХОФИЗИКИ

Психофизические опыты стали проводиться задолго до появления труда Фехнера. Почему же именно с него ведется отчет существования психофизики как науки? Ответ прост: Фехнер вывел психофизический закон, который, хотя и косвенно, позволяет измерять ощущения количественно. Закон Фехнера — один из краеугольных камней классической психофизики, поэтому следует остановиться на ключевых моментах его истории.

В первой половине XVIII в. французский физик П. Бугер, а затем независимо от него в первой половине XIX в. немецкий физиолог Э. Вебер экспериментально установили, что отношение минимально ощущаемого прироста (или уменьшения) раздражения ΔI к его исходной величине I постоянно. Например, в мешочек со 100 г песка следует добавить (или убавить) 7 г, чтобы ощутить разницу в весе, а для килограммового мешочка наименьшая ощущаемая разница составит уже 70 г. Аналогичное (но, разумеется, численно другое) постоянство этого отношения соблюдается и для других видов чувствительности.

Фехнер предположил, что постоянству указанного отношения соответствует и постоянство разности в минимальном (пороговом) ощущении F , так что $\Delta F = a \cdot \Delta I / I$, или $F = a \ln I$, где постоянная a для различных стимулов может быть определена экспериментально.

Закон Фехнера неоднократно подвергался острой критике из-за неочевидности допущений, с помощью которых он был получен. Еще при жизни ученого предлагались иные варианты психофизической зависимости. По этому поводу Фехнер остроумно заметил, что как Вавилонская башня не была построена, ибо ее строители заговорили на разных языках, так и его закон не разрушат говорящие на разных языках критики.

Фехнер оказался прав. Справедливость закона была подтверждена многократно (хотя на нижней и верхней границах чувственно воспринимаемых раздражений обнаружены отклонения от логарифмической зависимости). Благодаря ему был накоплен обширный фактический материал о порогах ощущений. Заложенное Фехнером направление называют «психофизика-1». В центре его внимания проблема пороговой чувствительности.

Почти столетие концепция Фехнера и его закон оставались, несмотря на атаки оппонентов, вне конкуренции. Однако кос-

венный характер ощущения F вынуждал исследователей искать альтернативные пути измерения. В 50-е годы нашего века американский психолог С. Стивенс и его последователи разработали ряд экспериментальных приемов, объединяемых общим названием «метода прямого субъективного шкалирования». Суть его проста. Испытуемому в произвольном порядке предъявляют стимулы различной величины (например, звуки разной громкости), которые он так же произвольно или в пределах установленного диапазона оценивает и сообщает оценку экспериментатору. Оказывается, что, несмотря на значительные индивидуальные различия, зависимость хорошо описывается формулой $S = I^b$ (b — постоянная), называемой психофизическим законом Стивенса.

Этот метод лег в основу еще одного, ставшего классическим направления — «психофизика-2». К настоящему времени прокалированы десятки признаков и введены: единицы ощущения, которые для неспециалиста звучат необычно: сон (единица ощущения громкости), брил (яркости), густ (вкуса), мак (видимой длины), хрон (времени), вес (тяжести) — все термины англоязычного происхождения. Практическое значение этой метрики оценено не только психологами. Возможности «психофизики-2» простираются и на качественные признаки, не поддающиеся приборному измерению, такие как запахи и вкусовые ощущения. Субъективное шкалирование восприятий — в сущности, использование человека в качестве универсального измерительного прибора. И надо сказать, что такие «приборы» (группы экспертов) работают вполне надежно.

ЯВЛЯЮТСЯ ЛИ ПСИХОФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ ПСИХОФИЗИЧЕСКИМИ?

«Почтим Фехнера, но отменим его закон» — так называлась статья Стивенса, приуроченная к 100-летию выхода в свет «Элементов психофизики»¹. Созданное Стивенсом направление, однако, не сняло с повестки дня проблему порогов чувствительности и не отменило логарифмического закона. Более того, справедливость последнего подтвердилась прямыми электрофизиологическими измерениями. Раздражение рецепторных клеток вызывает в подходящих к ним нейронах изменение генераторного потенциала и разряд в виде «пачки» импульсов в проводящих нервных путях. Величина потенциала и плотность импульсов в «пачке» пропорциональны логарифму интенсивности воздействия на рецепторы.

¹ Stevens S. // Science. 1961. Vol. 133. P. 80.

Но вот что примечательно. Стивенс в своем законе сохранил за психической переменной (или функцией) то же обозначение, что и Фехнер. Во всей позднейшей литературе, где рассматриваются взаимоотношения между двумя законами, также используется один и тот же символ. Очевидно, и Стивенс, и его последователи считали, что логарифмическая и степенная зависимости выражают величину ощущения.

Читатель, несомненно, обратил внимание, что в этой статье в законах Фехнера и Стивенса использованы различные символы (начальные буквы фамилий их авторов). Дело в том, что между F и S имеются существенные различия. Субъективная оценка ощущения S никак не может быть дана до ощущения F , т. е. F всегда предшествует S . Но это не главное различие. Количественная оценка ощущения — суждение. Это более сложная задача, нежели обнаружение разницы в ощущениях. Суждение требует сравнения данного ощущения с подобным, след от которого хранится в памяти, для чего необходимо психическое усилие².

Из этого, казалось бы, тривиального вывода следует весьма нетривиальное заключение: психическая переменная S есть функция сенсорной переменной F . Явный ее вид находится простым исключением физической переменной из двух уравнений: $S = e^{F/k}$, где $k = a/b$.

Эта формула не просто связывает два психофизических закона и сводит две эмпирические постоянные к одной, что означает необходимость синтеза обеих психофизик. Существенно, что в ней нет физической переменной, поэтому и в названии не должно быть «физики»: она выражает внутреннюю психофизиологическую связь между двумя переменными.

Сенсорная деятельность мозга, изучаемая в психофизике, часто сравнивается с работой измерительного прибора. В самом деле, «психофизика-1», изучая пороги ощущений, устанавливает наименьшую цену делений шкалы сенсорных «приборов». «Психофизика-2» анализирует шкалу в целом: ее диапазон, количество делений и т. п. Чтобы понять, что же выражает итоговая формула в рамках «приборной модели», воспользуемся аналогией.

Все видели пружинные весы в магазинах. Цена наименьшего деления их шкалы 5 г. Это и есть тот порог разницы в весе, «ощутимый» продавцом. Он по показаниям

весов вычисляет сумму, которую должен уплатить покупатель. Это напоминает субъективную оценку ощущения. В психофизике отношения взвешивания (F) и калькуляции (S) к количеству и качеству товара (I) принимаются за параллельные процессы, различающиеся только способом «визуализации». Зависимость же между F и S предполагает, что, во-первых, взвешивание предшествует определению стоимости товара, во-вторых, это различные по смыслу операции и, в-третьих, они реализуются различными «блоками» измерительной системы (весы — продавец). Отсюда различие стратегий: психофизика центральной проблемой считает отношение взвешивания и калькуляции к качеству и количеству товара, а новая формула в центр ставит отношение: показание весов — подсчеты продавца. То, что в психофизике является целью, здесь выступает как средство для нахождения численных значений F и S .

Итак, синтез психофизических законов ведет к иной познавательной ориентации, но возникает вопрос, не ересь ли это — выводить формулу, связывающую величины, которые невозможно измерить напрямую объективными методами?

Можно было бы ограничиться стереотипным ответом: то, что невозможно сейчас, станет возможным в будущем. Но задумаемся над тем, что мы привыкли называть объективными методами наблюдения или измерения. Очевидно, для них нужны прежде всего приборы, являющиеся продолжением наших органов чувств, принцип работы которых нам известен и понятен. Законы психической деятельности мозга науке еще предстоит открыть и понять. Но уже сейчас видно огромное качественное превосходство функциональных способностей мозга перед всей измерительной и «думающей» техникой, созданной человеком. Психика объективна своей способностью познавать окружающий мир и принимать верные решения, обеспечивающие целенаправленное поведение. Это — объективность высшего, я бы сказал, универсального порядка. Проверять ее физическими приборами можно и нужно. Но саму приборную модель сенсорной деятельности следует рассматривать как нулевое приближение к познанию законов психики. В этом смысле переход к новому выражению — шаг от пограничных отношений в глубь территории, находящейся под суверенитетом этих имманентных законов.

ПОВЕРКА АЛГЕБРЫ ГАРМОНИЕЙ

В психофизической литературе можно найти десятки значений a и b . Эмпирического

² Рыбин И. А. К теории сенсорного восприятия // Вопр. сенсорного восприятия. Вып. 2. Свердловск, 1987. С. 3—23.

материала достаточно для сопоставления и анализа. Однако до сих пор эту россыпь данных не удается каким-либо образом классифицировать. Признаков, которые можно измерить, вообще говоря, бесконечное разнообразие. Даже такой «элементарный» стимул, как тональный звук, обладает громкостью, высотой, продолжительностью, локализацией в пространстве. И каждому из этих признаков соответствуют сенсорные характеристики a и b . Как долго психофизикам придется перебирать все это разнообразие и пропускать его через свою экспериментальную кухню?

Очевидно, пока не будет обнаружена какая-либо закономерность, организующая это множество. И в этом отношении, как мы увидим, новая формула дает определенный шанс.

Обратимся к таблице значений a и b для некоторых видов чувствительности (данные взяты из монографии Дж. Бэрда и Е. Номы³).

Нетрудно заметить, что в значениях k хорошо соблюдается кратность одной и той же величины $s=4,17$, так что все k описываются простым уравнением $k=c(1+i)$. Это ряд с номерами рангов i от 1 до 10 (почему до 10, а не до 9, как в таблице, станет понятно позже).

Предвижу вопрос, почему в последней формуле нельзя обойтись без единицы и начинать нумерацию с $i=2$? Дело в том, что тогда придется допустить существование признака с номером $i=1$ (для которого $k=4,17$), но такого еще не найдено и, как мы увидим, он невозможен.

Итак, в активе формулы, объединяющей обе психофизики, то, что она упорядочивает сенсорные характеристики (вернее, их комбинацию). Разумеется, набор видов чувствительности не столь представительен, чтобы полностью исключить случайность установленной регулярности. Вместе с тем трудно поверить в то, что эмпирические данные двух направлений психофизики могли быть так согласованы без какого-либо общего организующего начала.

Посмотрим, к какой модели сенсорной организации приводит обнаруживающаяся закономерность. Все возможное разнообразие признаков того, что Декарт называл протяженной материей, воспринимаемых органами ощущений, должно распределяться по 10 ранговым позициям или координатам 10-мерного «сенсорного пространства». Вероятнее всего, ранговое положение каждого ощущения определяется информационной значимостью соответствующего признака, а не его физической природой. Так, громкость и визуальное положение точки имеют одинаковый ранговый номер и, значит, одинаковую информационную значимость; то же можно сказать о запахе и вкусе. Вполне допустимо, что такая информационная «раскладка» — генетически закрепленное свойство психики по отношению к естественным стимулам, а такие искусственные воздействия, как вибрация, получают ранг на основе индивидуального опыта человека. Конечно, стимулы могут иметь и смешанный ранг, если несут в себе признаки разного ранга. В общем случае сложные (синестетические) ощущения представимы «вектором» в сенсорном пространстве.

Численный множитель c характеризует межранговый интервал и не зависит от вида

³ Baird J., Noma E. Fundamentals of Scaling and Psychophysics. N. Y., 1978. P. 44, 83.

Значения психофизических констант для разных видов чувствительности

Виды чувствительности	a	b	k	i	k_i	L_i
Вкус (соль)	7,14	0,9	7,94	1	8,34	1,751
Вибрация (кожная, 100—1000 Гц)	5	0,6	8,33	1	8,34	2,225
Запах	4,17	0,5	8,34	1	8,34	2,61
Тяжесть	14,29	1,1	12,99	2	12,51	1,522
Площадь (визуально)	16,67	0,8	20,84	4	20,85	1,822
Длина линии (визуально)	25	1	25	5	25,02	1,616
Насыщенность цвета (визуально)	50	1,7	29,41	6	29,19	1,323
Положение точки (визуально)	33,33	1	33,33	7	33,36	1,616
Громкость (1000 Гц)	10	0,3	33,33	7	33,36	4,953
Расстояние (на ощупь)	50	1,3	38,46	8	37,53	1,433
Яркость	12,5	0,3	41,67	9	41,7	4,953

Примечание. Смысл различных констант объясняется по ходу статьи.

чувствительности. Обнаружение сенсорного «кванта» интересно само по себе. Но нас ожидает еще больший сюрприз при объединении двух последних формул. Множителем оказывается число $e^{1/c} = 1,272$, квадрат которого $(1,617984)$ лишь на 0,00005 отличается от знаменитого числа $\varphi = 1,618034$, известного под названием золотого сечения (пропорции). Точность совпадения далеко превосходит точность эмпирических данных в таблице. Поэтому итоговую формулу психофизической связи можно записать в виде

$$S = \varphi^{0,5F/1+i}.$$

ЗАКОН ЦИПФА—МАНДЕЛЬБРОТА В СЕНСОРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Среди закономерностей творческой деятельности заметное место принадлежит закону Ципфа — Мандельброта⁴, в соответствии с которым частоты p_i различных элементов языка законченного художественного произведения (слов, звуко сочетаний, цветов и т. п.), проранжированные так, чтобы $i = 1$ отвечало наиболее часто встречающемуся элементу, образуют ряд

$$p_i = K(B+i),$$

где $i = 1, 2, \dots, N$, N — объем «словаря» произведения, K и B — эмпирические постоянные. Чем совершеннее произведение, тем точнее проявляется закономерность.

Объяснить это можно так. Наиболее часто встречающиеся элементы произведения — самые «банальные» и легко угадываемые. Редкие элементы — более «оригинальные», неожиданные. Автор подсознательно определяет представительство тех и других в произведении так, чтобы оно было не слишком «банальным» и вызывающим скуку и не слишком «оригинальным» и потому непонятным для публики. Чувство меры или, вернее, гармонии и определяет художественность произведения, а заодно и приближение его языка к указанной закономерности. Следовательно, закон Ципфа — Мандельброта как бы идеал, к которому в меру своего таланта подсознательно стремится каждый художник.

Что творцом руководит чувство гармонии, трудно не согласиться. Но вот с тем, что он при этом «играет» на публику, можно поспорить. Истинный художник в процессе творчества думает не столько об успехе,

сколько о глубине и полноте самовыражения. Изображаемое — это прежде всего внутренне переживаемое. Поэтому в художественном произведении как бы овеществлены законы психики творческой личности. Значит, закону Ципфа — Мандельброта должно отыскаться соответствие в структуре того, что мы назвали сенсорным пространством.

Вид множителя $0,5/1+i$ тот же, что и в законе Ципфа — Мандельброта. Если это сходство не формальное, то аналогию можно продолжить. Сумма всех частот в законе равна единице. Сумма всех значений $0,5/1+i$ в формуле $S = \varphi^{0,5F/1+i}$ равна 0,964, если $N = 9$, и 1,01, если $N = 10$. Последняя сумма ближе к единице, так что сенсорное пространство, скорее всего, имеет 10 координат. Легко также убедиться, что признака, для которого $k = 4,17$, не существует, так как в этом случае сумма $\sum_{i=1}^N \frac{0,5}{i}$ (равная единице) состояла бы только из четырех слагаемых, вопреки данным таблицы.

Итак, закон Ципфа — Мандельброта естественно согласуется с формулой психофизической связи, и это дает основание думать, что он связан с сенсорным пространством. В этом смысле он «родственник» психофизических законов и, как и они, ждет пока теоретического обоснования. Впрочем, эта слабость психофизических законов, возможно, мнимая...

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПАРАДИГМА. ЯЗЫКИ ОРГАНОВ ОЩУЩЕНИЙ

Любая экспериментальная дисциплина рано или поздно обретает теоретическую основу. Древнеегипетские жрецы путем многовековых наблюдений научились предсказывать многие астрономические явления, в частности лунные и солнечные затмения, но лишь геоцентрическая система Птолемея обосновала эти предсказания теоретически.

Психофизика — наука экспериментальная. Все ее данные и законы получены опытным путем. Если до сих пор обсуждалась идея синтеза двух ее направлений на основе «скрещивания» эмпирических законов, то в этом разделе обсудим возможности теоретического обоснования логарифмической и степенной зависимостей. Вместе с ними получит объяснение и выражение для психофизической связи.

Основным методологическим принципом психофизики является принцип адекватности отражения внешнего мира в ощущениях (отсюда и приборная модель измерения

⁴ Орлов Ю. К. Невидимая гармония // Число и мысль. Вып. 3. М., 1980. С. 70.

ощущений). Он бесспорен, но в его содержание во второй половине нашего века внесено фундаментальное изменение, состоящее в том, что деятельность сенсорных систем есть оперирование информацией. Это значит, что уже на уровне рецепторов происходит преобразование физико-химических воздействий в последовательность сигналов нервного кода. Это операция, подобная осуществляемым в аналого-цифровых преобразователях, где, скажем, аналоговые изменения силы тока преобразуются в дискретные цифровые показания. Последовательность сигналов нервного кода — это информация, записываемая на определенном языке определенными символами (сигналами) и «прочитываемая» в соответствующих отделах мозга. О сигнально-кодовой природе сенсорных процессов первым догадался известный физик и физиолог XIX в. Г. Гельмгольц. Он понимал природу нервных процессов глубже многих философов, обвинявших его в последовательном материализме (эти обвинения в нашей философской литературе не сняты до сих пор⁵).

Из кодового характера сигналов следует, что процессы в сенсорных системах и все последующие акты психической деятельности могут описываться понятиями и законами теории информации. Количество ощущения, очевидно, должно быть эквивалентно количеству информации, получаемой при данном воздействии на органы ощущений. А измерять количество информации наука умеет.

Теория информации дает строгое доказательство того, в каком количестве сигналов кода (в нашем случае — сенсорного) можно записать какое-либо разнообразие (в нашем случае — возбужденных состояний рецепторных клеток, число и конфигурация которых, очевидно, должны отражать внешнее воздействие). Количество информации для описания отображаемого разнообразия задается логарифмической функцией. Таким образом, уже на уровне рецепторов должно иметь место логарифмическое преобразование физико-химического воздействия в поток нервных импульсов, т. е. сенсорной информации. Смысл закона Фехнера становится ясным: сенсорная переменная F есть не что иное, как количество сенсорной информации о соответствующем воздействии на рецепторы.

Как уже отмечалось, одним из сомнительных постулатов психофизики является убеждение, что F и S выражают одно и то же. В статье приводились аргументы против подобного отождествления (правда, са-

мого общего свойства). В свете информационной парадигмы эти доводы обретают конкретность. Переменная F связана с кодированием информации о стимулах, а функция S — с результатом прочтения этих сообщений, т. е. декодированием.

Если в законе Фехнера логарифм можно брать по любому основанию (на практике используют десятичные логарифмы) — характер зависимости от этого не изменится, то информационная трактовка переменной F делает выбор основания принципиальным, так как основание определяет код (язык) записи информации.

Известно, что информационную функцию с точностью до постоянного множителя можно получить, исходя из общих требований к ней. Множитель же определяется выбором единицы информации, которая, в свою очередь, зависит от кодового представления информации. Простейшим кодом является двоичный. Им и задается единица информации — бит. Поэтому при измерении количества информации пользуются двоичными логарифмами.

К счастью, нет необходимости выбирать единицу сенсорной информации или приводить ее к двоичному выражению, поскольку множитель при $\ln$ уже имеет явный вид. Остается только перейти к такому основанию логарифма, при котором этот множитель обращается в единицу, т. е. произвести нормировку.

Вводя обозначение $F_i = 0,5F/1+i$ и подставляя F из закона Фехнера, получим

$$F_i = \ln I / \ln L_i = \log_{L_i} I, \\ \text{где } \ln L_i = (1+i)/0,5a.$$

Величина L_i является естественным (в данном контексте «естественный» значит основанный не на разнообразии внешнего мира, а на том, как оно описывается на языке наших органов чувств) основанием логарифмической функции F_i . Она же задает и единицу сенсорной информации: при $I = L_i$ $F_i = 1$. Значения L_i для разных видов чувствительности даны в таблице. Расчет показывает, что величина L_i меняется от 1 до 5, не принимая целочисленного значения. Но L_i — сенсорный аналог двоичного кода. Как представить себе код, число символов которого дробное, причем, как правило, меньше 2?

Ответ на этот вопрос — дело будущего. Пока же сошлемся на высказывание одного из создателей вычислительной техники Дж. фон Неймана: «...логика и математика центральной нервной системы, рассматриваемые как язык, должны в структурном отношении существенно отличаться (выделе-

⁵ См., напр.: Философский словарь. М., 1986. С. 85.

но мною. — И. Р.) от тех языков, к которым относится наш повседневный опыт»⁶.

«Повседневный опыт» бинарного кодирования информации не позволяет объяснить значения L_i , но не будем забывать, что к ним приводят операции с реальными, найденными в опытах данными, и прием к сведению авторитетное мнение американского математика⁷.

Если языки органов чувств различны, то рациональная оценка сенсорной информации S осуществляется на одном универсальном языке, в основе которого лежит золотое сечение⁸.

ЗОЛОТАЯ ПРОПОРЦИЯ: ТОЛЬКО ЛИ ЭЛЕМЕНТ КУЛЬТУРЫ?

То, что число ϕ — инвариант метрики сенсорного пространства, поражает, как чертик из табакерки. Но факты — вещь упрямая, и мы вправе порассуждать о том, какие следствия вытекают из этого неординарного совпадения.

Вспомним, что золотая пропорция с удивительной для биологии точностью обнаруживается во многих объектах живой природы. Несомненно, что число ϕ (и образуемые с его помощью ряды Фибоначчи) отражают алгоритм, имеющий глубокий биологический смысл. Широко известные проявления этого алгоритма относятся к структурным образованиям и морфогенезу. Считается, что золотое сечение стало достоянием человеческой культуры и приобрело высокую эстетическую значимость именно в результате наблюдений за живой природой. В книге Ф. Патури по этому поводу сказано: «Вольно или невольно человек берет за образец окружающий его мир, когда он стремится воспитать в себе эстетические чувства, суждения и вкусы. Художественное восприятие формы человеком возникает, развивается и обогащается в процессе постоянного, непрерывного общения его со всем тем, что его окружает... И если один и тот же архитектурный принцип, тысячекратно варьирующий в царстве флоры, вновь и вновь оказывается

в поле зрения человека, вечного ученика окружающего его мира, то это не проходит бесследно»⁹.

Как будто убедительно. Но, во-первых, обнаруженный нами инвариант присущ сенсорному пространству и поэтому не является благоприобретением культурного развития. Во-вторых, сенсорное пространство — не геометрическое, а функциональное. В-третьих, оно включает все виды ощущений. Из перечисленных обстоятельств следует: сенсорные алгоритмы, опирающиеся на число ϕ , есть продукт биологической эволюции мозга; связанные с золотым сечением числовые соотношения в живой природе, вероятно, проявляются не только в морфогенезе; наконец, наше эстетическое восприятие этих соотношений может оказаться интуитивным, подсознательным ощущением их соответствия эталонам, заложенным в нашей психике. Последнее предположение допускает точку зрения на истоки художественного творчества как на стремление создать с помощью изобразительных средств нечто созвучное с внутренним миром, сделав тем самым окружающую среду комфортнее уже не в материальном, а в духовном отношении.

Человек — мера всех вещей, считали еще античные философы. Ясно, что не приборные свойства органов ощущений имели в виду древние мудрецы. Видимо, они подразумевали, что человеку до всего есть дело и ко всему он определяет свое отношение. Знаменитое изречение можно понимать и так, что только человек способен соотносить далекие друг от друга предметы и находить между ними нечто общее.

Для этого мозг человека должен иметь совершенную функционально-структурную организацию. Выявить основы этой организации — одна из самых трудных и фундаментальных проблем современного естествознания. Но один из принципов установлен: информационный характер сенсорных и психических процессов. Из него непосредственно вытекают существование собственного языка и собственной меры сенсорной информации, подчиненность сигнально-кодовых соотношений информационным законам. Так что есть еще одна ипостась афоризма: человек — мера всех вещей потому, что он действительно обладает такой универсальной мерой.

⁶ Neumann J. von. The Computer and the Brain. New Haven, 1958. P. 82.

⁷ Отметим, что для видов чувствительности, относящихся к пространственным характеристикам (положение точки и длина линии, определяемые визуально), $L_i = \phi$ и $S = 1$, т. е. зрительное восприятие геометрии пространства благодаря общности языка кодирующей и декодирующей систем выражается простейшим изоморфизмом.

⁸ Уже после того, как статья была написана, автор узнал о книге А. П. Стахова «Коды золотой пропорции» (М., 1984), где разбираются близкие вопросы на материале информационных основ цифровой техники.

⁹ Патури Ф. Растения — гениальные инженеры природы. М., 1982. С. 78.

Минералы соляных толщ

В. Н. Аполлонов,
кандидат геолого-минералогических наук
Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Не в первый раз мы, со- трудники и студенты кафе-дры минералогии МГУ, проводим летний полевой сезон на древнейшем и одном из богатейших в мире Непском месторождении калийных солей, расположенном почти в самом центре Восточной Сибири. За иллюминатором вертолета — бескрайние просторы холмистой равнины. Лиственничная тайга с пятнами кедровников и осинников, с меандрами и старицами рек, коврами болот и блюдцами озер скрывает громадный древний морской бассейн.

Он образовался на этом участке земной коры примерно 600 млн лет назад и имел площадь более 1,5 млн км² (для сравнения — площадь Черного моря 0,4 млн км²). С севера и северо-востока море отделялось от океана барьерным рифом. С начала кембрия (570 млн лет назад) климат стал сухим и жарким, море превратилось в солеродный бассейн, и на протяжении почти 100 млн лет впадина постепенно заполнилась соленосными отложениями. За это время сформировалась толща соляных пород мощностью 2,5 км и в бассейне накопилось 600 тыс. км³ каменной соли. Это почти пятая часть всех запасов каменной соли, заключенных в недрах Земли¹. В соленосной толще прослеживается 15 пачек каменной соли мощностью от 40 до 300 м, разделенных слоями карбонатно-сульфатных пород. Другими словами, солеродный бассейн многократно превращался в море нормальной солености, где шло интенсивное накопление карбонатов, что становилось возможным только в

условиях свободного обмена этого моря с океаном, когда барьерный риф переставал выполнять роль плотины при повышении уровня моря. Площадь и конфигурация солеродного бассейна долгое время оставались почти постоянными, и только через 100 млн лет впадина окончательно заполнилась песчано-глинистыми осадками...

Вертолет делает круг и приземляется у поселка геологов Непского месторождения. Нам не терпится взглянуть на древнейшую в мире соль, извлекаемую почти в километровой глубины, и мы из вертолета сразу направляемся к дощатому зданию — зернохранилищу. Здесь аккуратными штабелями составлены ящики с зерном буровых скважин. Каждый кусок зерна запаян в полиэтиленовую капсулу, предохраняющую соль от капризов сибирской погоды. Рядом с хранилищем на солнцепеке разложены ящики с зерном из только что пробуренной скважины. Ящики заполнены столбиками белых, как сахар-рафинад, соляных пород.

Непские соли совсем не похожи на соли других калийных месторождений, на которых приходилось бывать, — красные и розовые на Украине и в Белоруссии, серые в Предкарпатье. Чистота непских солей обусловлена удаленностью солеродной ванны, в которой сформировалось месторождение, от берегов древнего моря, речных потоков и пыльных бурь.

Однако в этих чистейших, рафинированных солях скрывалось целое царство микроминералов. В нашу задачу входило исследование не только солей, но и минералов-включений, не растворимых в воде. Практическое применение нашей работы — минералогическая корреляция протяженности калийных пластов, позволяющая оценить запасы соли. Дело в том, что

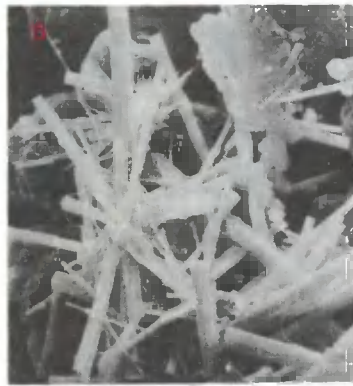
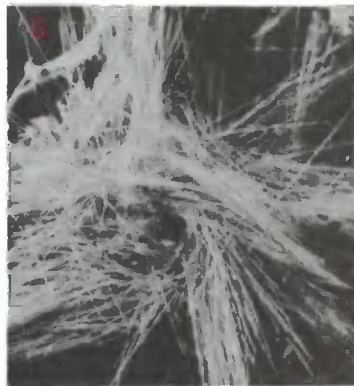
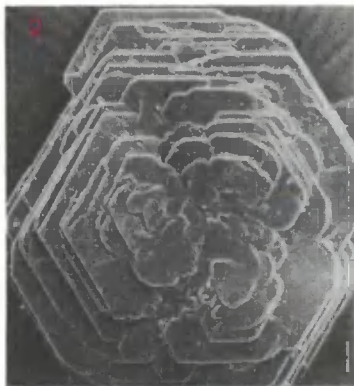
скважины пробурены в пластах на довольно большом расстоянии друг от друга (2—5 км). Однообразный внешний вид солей не позволяет определить, продолжается ли пласт до соседней буровой, или она попала уже в новый слой. Выход — в тщательном изучении состава включений. Если в двух буровых они идентичны, можно смело продолжать пласт от буровой до буровой.

Содержание минералов-включений в большинстве соляных пластов ничтожно. Иногда при растворении килограмма соляной породы в остатке обнаруживалось всего несколько кристалликов таких малых размеров, что маковые зерна по сравнению с ними выглядели бы гигантами.

Кроме кристаллов минералов, широко распространенных на других соляных месторождениях (таких, например, как ангидрит CaSO_4 и доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), встречались совершенно необычного облика минералы, точная идентификация которых потребовала немалой изобретательности. Традиционные методы — изготовление прозрачных пластинок-шлифов для микроскопических исследований или растворение измельченных проб и получение фильтрата для химического, рентгенофазового и других анализов — не годились. В первом случае из-за малой вероятности того, что нужные зерна попадут в срез шлифа. Во-втором — из-за того, что мелкие кристаллики неизвестного минерала могут затеряться в массе других или в порах фильтровальной бумаги. К тому же для полной характеристики месторождения требовалось изучить около 1000 проб в самые сжатые сроки. Поэтому пришлось совместить простой и экономный способ извлечения нерастворимых ми-

© Аполлонов В. Н. Минералы соляных толщ.

¹ Жарков М. А., Мерзляков Г. А., Яншин А. Л. Открытие калийных солей в Сибири // Природа. 1982. № 7. С. 46—52.



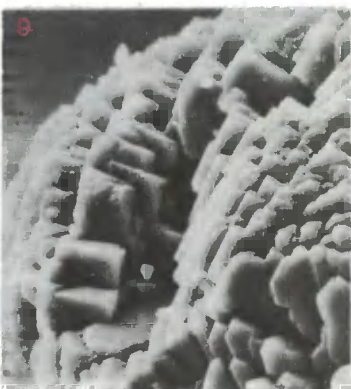
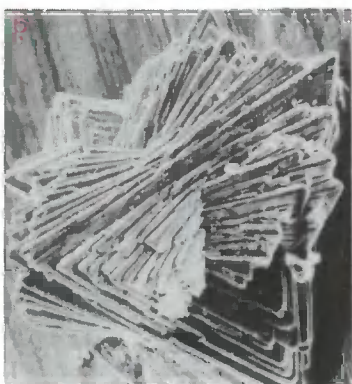
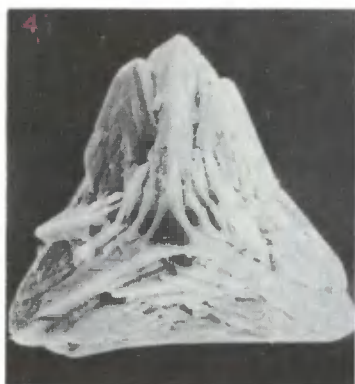
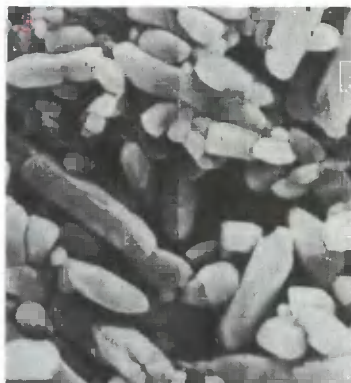
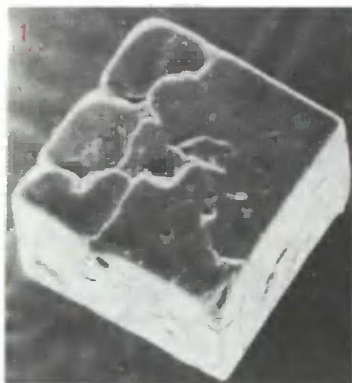
Морфология кристаллов минералов Напского месторождения: 1 — сросток кристаллов кварца (увел. в 100 раз); 2 — роза магнезита [200]; 3 — скульптура грани кристалла гексагонального пирротина с ямками травления и бугорками роста [300]; 4 — головка кристалла апатита [500]; 5 — агрегат игольчатых кристаллов флюоборита [150]; 6 — столбчатые кристаллы флюоборита [300]; 7 — парахильгардит [200]; 8 — Са-витчит [100]; 9 — волковскит [100].

нералов с самыми современными методами лабораторных исследований, которые давали точную диагностику минерала, требуя для этого ничтожные количества вещества.

Для извлечения минералов мы использовали то обстоятельство, что образующийся при растворении соляной породы рассол намного тяжелее чистой воды. Если образец поместить на дно сосуда с водой (мы брали

обыкновенную фотованночку), находящегося на наклонной плоскости, рассол опускается вниз, а твердая соль остается в слое пресной воды. Через несколько минут на месте соли останется нерастворимый остаток.

С помощью оптического микроскопа минералы предварительно сортировались по форме и цвету кристаллов. Как оказалось впоследствии, часто кристаллы минералов с одним и



Разновидности борацита Непского месторождения: 1 — кубический кристалл (увел. в 200 раз); 2 — ажурный сросток тетраэдрических кристаллов (150); 3 — агрегат удлиненных кристаллов борацита — стаффурита (5000); 4—6 — различные стадии расщепления тетраэдрических кристаллов борацита [200]; 7—9 — сферолиты [200].

тем же химическим составом имели самую разнообразную огранку.

Диагностика минералов проводилась методами инфракрасной спектроскопии или рентгеновского микрозондового анализа. Строение поверхности зерен изучалось на электронном сканирующем микроскопе. Здесь потребовалась поистине ювелирная работа — попробуйте

смонтировать (т. е. приклеить нужной стороной) на подложку не одну сотню кристалликов размером менее 0,1 мм.

Однако наши труды не пропали даром. В соляных породах месторождения были обнаружены минералы, вообще не свойственные месторождениям этого типа, — сера самородная, апатит, флюоборит, многочисленные сульфиды, тальк. Неко-

торые минералы до этого были известны всего в 1—2 точках земного шара.

В нерастворимом остатке содержались представители почти всех классов минералов: самородные — сера, графит; оксиды — кварц, магнетит, гематит; карбонаты — кальцит, магнезит, доломит; сульфиды — трюилит, пирротин, ковеллин, халькопирит, эннергит; сульфаты — ангидрит, целестин; фосфаты — апатит; бораты — флюоборит, ашарит, гидроборатит, боратит, волковскит, витчит, хильгардит; силикаты — тальк, хлорит.

Если в обычных горных породах и рудах минералы образуют совершенные кристаллы только в пустотах (или, как их называют, занорышах), то в толще изученных солей большинство зерен минералов имели всестороннюю огранку. Это объясняется тем, что они сотни миллионов лет формировались в податливой соляной массе, где минеральные зерна не соприкасались друг с другом, и потому «конкуренты» не мешали хорошей огранке кристалла. В результате даже самые обычные минералы, которые в других условиях образуют преимущественно невзрачные зернистые массы, на Непском месторождении имеют вид прекрасно ограненных кристаллов. Так, кварц, встречающийся в других калийных месторождениях лишь в виде обломков, здесь образует сростки из хорошо ограненных кристаллов длиной до 0,3 мм. Этот кварц бесцветен, прозрачен, словом, горный хрусталь в миниатюре. Магнезит (наиболее распространенный на месторождении представитель карбонатов) кристаллизуется в виде бесцветных прозрачных гексагональных тонкопластинчатых кристаллов с сильным перламутровым блеском. Из-за ступенчатого роста и расщепления кристаллов образуются прекрасные магнезитовые розы.

За 600 млн лет в толще солей форма кристаллов могла измениться — одни участки растворялись, другие усиленно рос-

ли. Особенно наглядно это проявляется на гранях пирротина, где наблюдаются как ступенчатые ямки травления, так и бугорки роста.

Неожиданной оказалась находка бесцветных прозрачных игольчатых кристаллов апатита. Этот минерал никогда прежде не отмечался в соляных породах, а в осадочных месторождениях фосфоритов встречались лишь его мелкозернистые агрегаты.

Наиболее полно в соляных породах Непского месторождения представлены бораты. Содержание их в нерастворимых остатках солей некоторых горизонтов составляет почти 100 %². Все минералы этого класса отличаются исключительным морфологическим разнообразием.

Впервые встреченный в калийных месторождениях (и в осадочных породах вообще) флюоборит кристаллизуется белыми пушистыми агрегатами нитевидных кристаллов или ежиками столбчатых гексагональных кристаллов.

Волковскит, борат калия и кальция (третья находка в мире) чаще всего наблюдается в виде прозрачных бесцветных перламутровых треугольных кристаллов, сросшихся в веерачки.

Только в солях Непского месторождения встречаются совершенные кристаллы витчита. Еще в довоенные годы он был найден в Калифорнии и описан как борат кальция, но при повторном анализе выяснилось, что это борат стронция. В 50-е годы в пермских соляных отложениях Германии обнаружили разнообразность минерала, отличающуюся строением кристаллической решетки и названную Р-витчитом. Недавно в одном из месторождений бора в Турции изучена третья модификация, названная А-витчитом. Как показало детальное исследование минерала из Непского место-

рождения, в нем много кальция, что позволило дать ему название Са-витчит³.

Уникальными свойствами обладают кристаллы хлорбората кальция — паракхильгардита. Это единственное природное соединение, кристаллы которого лишены всех элементов симметрии.

И, наконец, нельзя не остановиться на морфологии хлорбората магния — борацита. На месторождении встречались кристаллы в форме кубов, тетраэдров, а также разнообразные сферолиты. Очень впечатляют расщепленные кристаллы борацита. Попадались также мелоподобная разность борацита — стаффуртит. Несмотря на такое разнообразие форм, все эти разновидности имеют одинаковый химический состав.

Столь широкое распространение боратов связано с очень высокой концентрацией рассолов, скопившихся в кембрийском солеродном бассейне. Подтверждением этому может быть и обнаружение хлорида магния — бишофита — среди соляных минералов месторождения.

Полевой сезон кончается. Нам удалось изучить минералогию керн нескольких десятков скважин. Оказалось, что два промышленных калийных горизонта месторождения обогащены боратами, на долю которых приходится 50 и даже 100 % всей массы минералов, не растворимых в воде. В других калийных горизонтах обнаружены лишь отдельные зерна боратов. Таким образом, присутствие боратов в соляной породе — надежный репер (корреляционный признак), позволяющий проследить калийные горизонты от скважины к скважине на всей площади месторождения. В перспективе при промышленной разработке бораты могут попутно извлекаться и стать важным источником дефицитного сырья.

³ Аполлонов В. Н., Долинина Ю. В., Дорохова Г. И. и др. // Минералог. журн. 1989. Т. 11. № 4. С. 78—83.

² Аполлонов В. Н., Галкин Г. А., Кошуг Д. Г. и др. // Геология и геофизика. 1988. № 3. С. 24—30.

Б.В. Никипелов
А.Ф. Лызлов
Н.А. Кошурникова

Опыт первого предприятия атомной промышленности

(уровни облучения и здоровье персонала)

Материал, предлагаемый вниманию читателей, необычен для «Природы» — во многих отношениях он ближе к научному сообщению, чем к популярной статье. Однако редакция сознательно пошла на его публикацию, учитывая уникальность и значение информации, которая впервые предоставлена для освещения в открытой печати.

После Чернобыльской аварии в центре общественного внимания оказались проблемы атомной энергетики и промышленности, обсуждение которых раньше было невозможно. В развернувшейся дискуссии можно услышать самые разные мнения. Особенно остро идут споры о влиянии радиации на здоровье людей. Разумеется, на многие вопросы в этой области пока нет однозначных ответов, но вряд ли было бы справедливо считать, что исследования, как иногда утверждается, приходится начинать «с нуля». Более 40 лет наблюдая за работниками предприятий атомной промышленности, ученые накопили уже немалый опыт, и этот опыт ценен не только для специалистов — возможность ознакомиться с ним должны иметь все, кого волнует использование атомной энергии.



Борис Васильевич Никипелов, доктор технических наук, первый заместитель министра атомной энергетики и промышленности СССР. Область научных интересов — технология промышленных радиохимических процессов, ядерная и радиационная безопасность. Лауреат Государственной премии СССР.



Андрей Федорович Лызлов, кандидат технических наук, руководитель службы радиационной безопасности предприятия. Специалист по производственной дозиметрии. Лауреат Государственной премии СССР.



Нина Александровна Кошурникова, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник филиала № 1 Института биофизики Министерства здравоохранения СССР. Занимается радиационной гигиеной и эпидемиологией радиационно-индуцированных заболеваний.

В августе 1949 г. на Семипалатинском полигоне прошло испытание первой советской атомной бомбы. Этот взрыв лишил Соединенные Штаты монополии на атомное оружие, и от нашей страны была отведена вполне реальная угроза ядерного нападения, существовавшая почти пять лет.

Во главе отечественного атомного проекта стоял И. В. Курчатов, а в его осуществлении принимали участие тысячи ученых, инженеров и рабочих, в том числе работавшие

на объектах А и Б оборонного предприятия в Челябинской области.

Объект А — уран-графитовый реактор канального типа на тепловых нейтронах с прямым проточным водяным охлаждением. Запущен в эксплуатацию в июне 1948 г., в настоящее время закрыт и законсервирован.

Объект Б — радиохимическое производство по выделению плутония и урана из облученного в реакторе топлива. Начал работать в декабре 1948 г., ныне демонтирован.

Главным вредным производственным фактором на обоих объектах являлось ионизирующее излучение. В период пуска

© Никипелов Б. В., Лызлов А. Ф., Кошурникова Н. А. Опыт первого предприятия атомной промышленности (уровни облучения и здоровье персонала).

и в первые годы эксплуатации как реакторного, так и радиохимического производства из всех видов ионизирующей радиации наибольшее значение имело гамма-излучение. Это подтверждается не только вкладом внешнего гамма-облучения в индивидуальные дозы, полученные работавшими в то время людьми, но и тем, что позднее у них обнаружались эффекты, которые характерны для действия именно этого вида радиации.

С первых дней создания атомной промышленности вопросам радиационной защиты персонала уделялось постоянное внимание. В августе 1948 г. министерствами среднего машиностроения и здравоохранения СССР были подготовлены «Общие санитарные нормы и правила по охране здоровья работающих на объектах А и Б», утвержденные отдельно для каждого объекта. На основе господствовавшей в те годы концепции толерантной дозы устанавливалась дневная доза — 0,1 сЗв за 6 рабочих часов (или около 30 сЗв за год). В случае аварии допускалось однократное облучение в дозе не более 25 сЗв за время не менее 15 мин, после чего требовалось проводить медицинское обследование работника и обязательно предоставлять ему отпуск или работу, исключающую контакт с радиацией.

К моменту пуска объектов А и Б на каждом из них была сформирована служба дозиметрического контроля (пробраз современной службы радиационной безопасности). Промышленность к тому времени освоила выпуск дозиметрической аппаратуры, предназначенной для контроля мощности экспозиционной дозы гамма-излучения. Индивидуальный контроль внешнего

гамма-облучения персонала осуществлялся с помощью фотопленочных дозиметров, которые могли регистрировать дозу от 0,05 до 3 сЗв в энергетическом диапазоне 0,4—3 МэВ с точностью 30 %. При ежесменном проявлении пленки такой метод позволял с достаточной надежностью фиксировать дозу дневного облучения. Индивидуальная доза измерялась в месте расположения дозиметра (нагрудный или нижний карман стандартного комбинезона), и считалось, что это значение соответствует облучению всего тела.

В атомной промышленности была создана специальная система санитарного надзора и медицинского наблюдения. Первым организатором этой системы и на протяжении нескольких десятилетий ее бессменным руководителем был А. И. Бурназян. Среди тысяч медицинских работников, которые отдали свои знания и силы для сохранения здоровья сотрудников атомных предприятий, следует выделить Г. Д. Байсоголова и А. К. Гуськову, заслуженно считающихся основоположниками отечественной школы радиационной медицины. Совместными усилиями инженеров и врачей система радиационной безопасности персонала совершенствовалась. Однако в период становления производства радиационная обстановка на обоих объектах была крайне сложной. Опасность работы в условиях повышенного радиационного воздействия понимали не только руководители, но и рядовые сотрудники. Однако не менее отчетливо они понимали, что стране необходимо атомное оружие, и это нередко заставляло их сознательно рисковать своей безопасностью.

Влияние ионизирующего излучения на вещество характеризуется поглощенной дозой — количеством энергии, переданной единице массы вещества. В системе СИ единицей поглощенной дозы служит грэй (Гр) — доза, при которой 1 кг вещества передается энергия 1 Дж. Иногда используют внесистемную единицу — рад; 1 рад = 100 эрг/г = 10^{-2} Гр. Однако для изучения влияния радиации на живые организмы этих единиц недостаточно, поскольку такое влияние зависит не только от плотности поглощенной энергии, но и от ее распределения в пространстве, точнее — от энергии, переданной частицами на единицу длины их пробега. Для альфа-частиц, например, она в 20 раз выше, чем для гамма-квантов, и потому при одина-

ковой поглощенной дозе облучение этими частицами, грубо говоря, в 20 раз опасней гамма-облучения. Чтобы учесть это, вводится понятие эквивалентной дозы, равной произведению поглощенной дозы на коэффициент качества k , который характеризует действие данного вида радиации на живые организмы (k зависит от сорта частиц и энергии).

Наиболее просто эквивалентная доза определяется для внешнего гамма-облучения: в этом случае $k=1$ и эквивалентная доза численно совпадает с поглощенной. Единица эквивалентной дозы в системе СИ — зиверт (Зв), такую эквивалентную дозу получает организм при гамма-облучении, если поглощенная доза составляет 1 Гр. 1 Зв = 100 бэр.

УРОВЕНЬ ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА И МЕРЫ ПО ЕГО СНИЖЕНИЮ

Ядерный реактор и радиохимический завод проектировались с таким расчетом, чтобы все опасные процессы протекали за надежной биологической защитой и управлялись дистанционно. Тем не менее не только во время их пуска и наладки, но и в первые годы эксплуатации, как и на любом новом производстве, возникали неполадки в оборудовании, нарушения технологических коммуникаций, отказы контролирующих приборов, и потому персонал достаточно часто оказывался в повышенных полях ионизирующей радиации.

По мере накопления опыта управления производством, совершенствования технологий, отработки средств индивидуальной защиты дозы облучения персонала снижались. Прошедшие 40 лет можно разделить на несколько периодов, совершенно различающихся по уровням радиационного воздействия на работающих. В 1948—1952 гг. осваивались технологические процессы, проводилось изучение реальной радиационной обстановки и поиск мер, позволяющих уменьшить облучение персонала. Эти меры начали активно применяться в 1953—1959 гг., в результате чего удалось нормализовать радиационную обстановку, так что в 1960—1973 гг. уровень облучения персонала упал до международных нормативов. Сказанное подтверждается данными о значении средних и распределении индивидуальных доз облучения за прошедшие годы (см. табл. 1).

Как следует из этих данных, на объекте А уже в 1950—1952 гг. заметно уменьшилась доля работников, чьи дозы облучения превысили 25 сЗв за год. Объект Б, пущенный на полгода позже, оказался сложнее в технологическом и радиационном отношении, и потому в 1950—1951 гг. почти половина работавших на нем получала свыше 100 сЗв в год.

На объекте А основной вклад в облучение создавался в центральном зале, в бассейнах-хранилищах, при транспортировке облученной продукции, но в то же время в целом ряде помещений персонал практически не облучался. В первые же дни эксплуатации реактора были составлены картограммы радиационных полей, которые служили основой для определения времени пребывания в тех или иных помещениях. На объекте Б схема размещения технологического оборудования была такова, что радиоактивному загрязнению подвергались практически все помещения. Это и объясняло, почему здесь доля персонала с высокими

дозами облучения оказалась значительно больше, чем на объекте А.

Естественно, облучение в высоких дозах не прошло бесследно — уже в начале 1949 г. были зарегистрированы первые случаи лучевых заболеваний. Сохранился протокол состоявшегося в мае 1949 г. обсуждения руководством Минсредмаша письма врача-гематолога профессора А. П. Егорова к Берии по поводу облучения работников объектов А и Б. Отмечается «недооценка руководством объектов и предприятия в целом фактора облучения работающих и некоторая неожиданность сложившейся радиационной обстановки». В решении предлагается принять неотложные меры к улучшению условий труда.

Но строгое соблюдение нормативов, ограничивающих облучение персонала, замена переоблученных работников и подготовка новых специалистов для очень сложного и ответственного производства, да еще в условиях строжайшего режима секретности, были трудно выполнимы. Даже руководители проекта (И. В. Курчатов, А. П. Александров, Е. П. Славский) получили в этот период значительные дозы облучения. Тем не менее администрация совместно с медицинской службой настойчиво принимала меры, чтобы снизить облучение персонала. В 1949 г. на предприятии вводится «Положение о контроле за состоянием здоровья работающих», которым руководители объектов обязывались немедленно информировать врачей о случаях переоблучения в дозах, превышающих десять дневных норм (более 1 сЗв). Была создана система административных ограничений, исключающая возможность проведения радиационно-опасных работ без письменного разрешения руководства. Наиболее опасные работы проводились в присутствии дозиметристов.

В марте 1950 г. коллегия Минсредмаша постановила:

— пересмотреть штаты и структуры дозиметрических служб объектов А и Б; — еженедельно анализировать данные об индивидуальном облучении работающих, немедленно принимать меры по снижению радиоактивного загрязнения рабочих мест; — наказывать за нарушение норм, не связанное с чрезвычайными обстоятельствами.

На предприятии была введена ежедневная отчетность об облучении персонала.

Важным фактором, влиявшим на радиационную обстановку, а следовательно, и уровень облучения персонала, была система организационно-технических мероприятий, включающая систематическую инвентаризацию вновь возникающих источников ионизи-

Таблица 1

Распределение персонала по дозам облучения (%)

Годы	Объект А					Объект Б				
	Дозы, сЗв				Средняя доза, сЗв	Дозы, сЗв				Средняя доза, сЗв
	<25	25—100	100—400	>400		<25	25—100	100—400	>400	
1948	84,1	11,1	4,8	—	19,6	—	—	—	—	—
1949	10,7	57,7	31,1	0,5	93,6	26,9	66,2	6,9	—	48,0
1950	52,2	47,2	0,6	—	30,7	21,5	42,0	36,0	0,5	94,0
1951	74,9	25,1	—	—	18,1	13,8	41,6	42,8	1,8	113,3
1952	83,9	16,1	—	—	14,9	21,8	57,0	21,2	—	66,0
	<10	10—25	25—100	>100		<10	10—25	25—100	>100	
1953	37,8	41,5	18,4	2,3	19,6	25,3	25,4	47,3	2,0	30,7
1954	64,0	33,0	3,0	—	8,9	34,7	36,1	29,1	0,1	20,0
1955	61,8	33,7	4,5	—	9,5	29,8	36,7	33,2	0,3	21,3
1956	92,3	6,4	0,6	0,7	5,1	45,0	31,9	23,1	—	16,2
1957	98,1	1,9	—	—	4,2	37,5	36,9	25,5	0,1	17,5
1958	95,3	4,7	—	—	4,4	59,6	31,3	9,1	—	10,8
1959	99,7	0,3	—	—	3,3	75,7	21,1	3,2	—	14,7
	<2,5	2,5—5	>5			<2,5	2,5—5	>5		
1960	57,5	29,3	13,2	2,7	14,2	25,8	60,0	15,2		
1961	73,9	22,4	3,7	2,0	13,8	49,1	37,1	11,0		
1962	65,0	31,4	4,0	2,3	16,6	32,5	50,9	7,6		
1963	64,3	29,8	5,9	2,4	41,4	37,3	21,3	3,8		
1964	55,67	27,8	16,5	3,0	66,4	29,3	4,3	4,1		
1965	24,5	49,1	26,4	4,0	67,0	31,4	1,6	2,1		
1966	25,5	52,4	22,1	1,7	56,7	41,3	2,0	2,4		
1967	45,5	41,4	13,1	1,3	76,7	23,2	0,1	1,8		
1968	55,0	38,7	6,3	1,1	76,3	23,7	—	1,8		
1969	56,2	39,5	4,3	1,0	91,9	8,1	—	1,4		
1970	36,9	49,7	13,4	1,4	85,6	14,4	—	1,6		
1971	25,7	36,5	37,8	1,3	95,1	4,9	—	1,4		
1972	69,7	26,8	3,5	1,1	97,9	2,1	—	1,3		
1973	45,5	44,8	9,7	1,0	97,4	2,6	—	1,3		
1974	95,1	4,9	—	1,0	98,9	1,1	—	0,57		

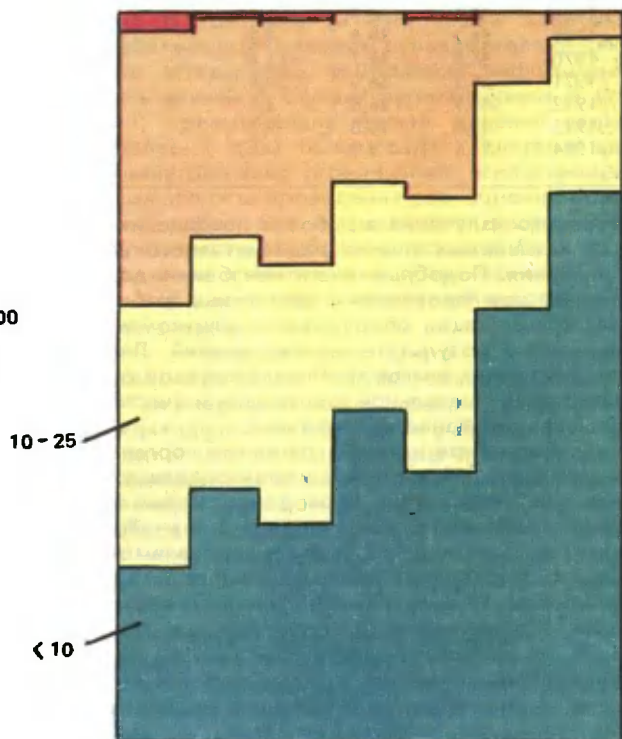
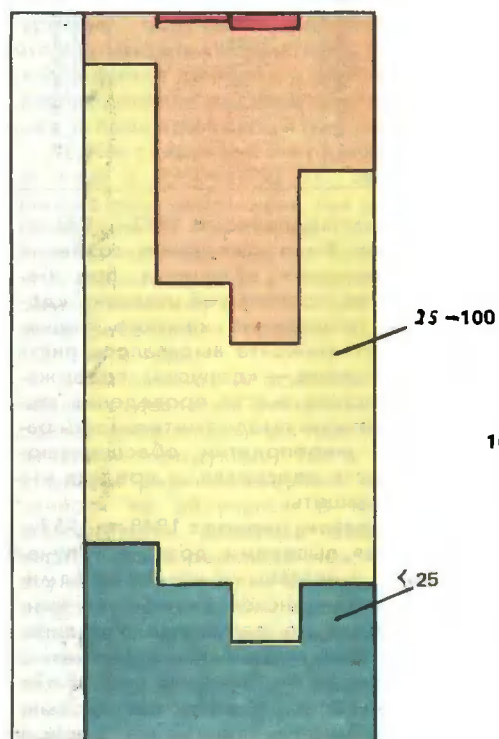
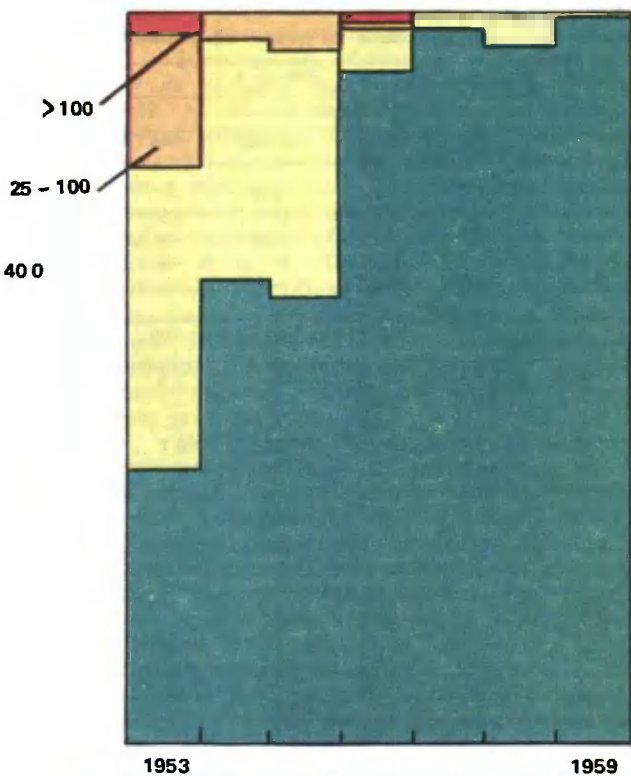
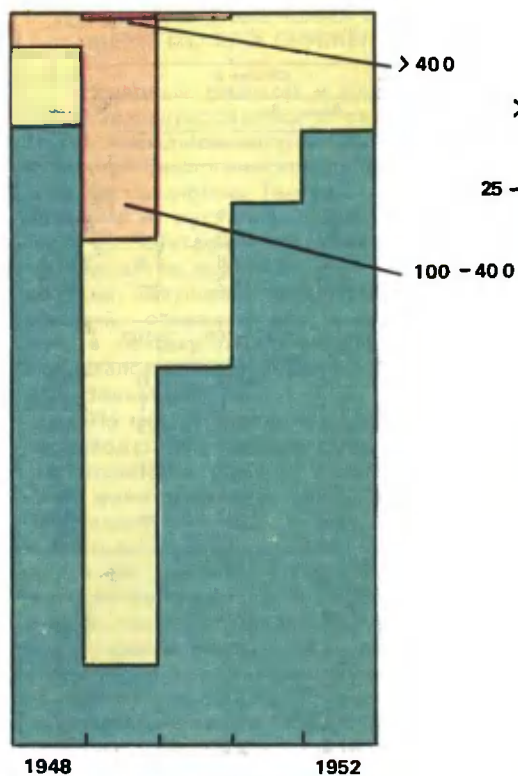
рующего излучения в рабочих помещениях, так называемых очагов радиоактивного загрязнения. Подобные очаги неизбежно возникали при проведении ремонтных работ, разгерметизации оборудования или коммуникаций в результате мелких аварий. Ликвидация таких очагов требовала высокой организации, тщательной подготовки и участия квалифицированного персонала.

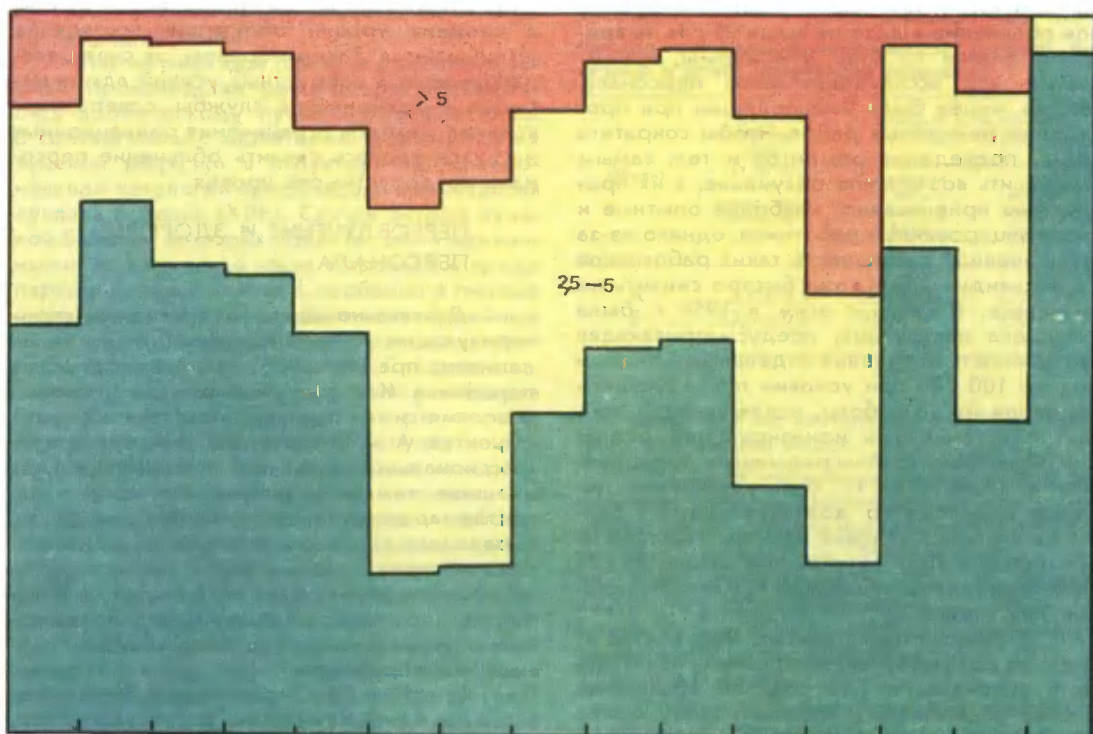
Благодаря административным, организационным и техническим мерам радиационная обстановка при проведении нормального технологического процесса на объектах А и Б к концу 1951 г. стала управляемой. Однако проведение ремонтных работ сопровождалось значительным облучением персонала. Количество таких работ не уменьшалось, ремонтного персонала не хватало, и к проведению ремонтов приходилось привлекать эксплуатационный персонал, индивидуальные дозы которого в связи с этим

снижались очень медленно. В 1952—1953 гг. на предприятии было завершено создание системы ограничения облучения при ремонтных работах, получившей название «допускной». На проведение каждого радиационно-опасного ремонта выдавалось письменное разрешение — «допуск», содержащий характеристику места проведения ремонта, разрешенную продолжительность работы, перечни мероприятий, обеспечивающих безопасность персонала, и средств индивидуальной защиты.

Таким образом, период с 1948 по 1952 г. характеризуется высокими дозами облучения персонала и активными усилиями администрации и медицинской службы по снижению облучения до допустимого уровня.

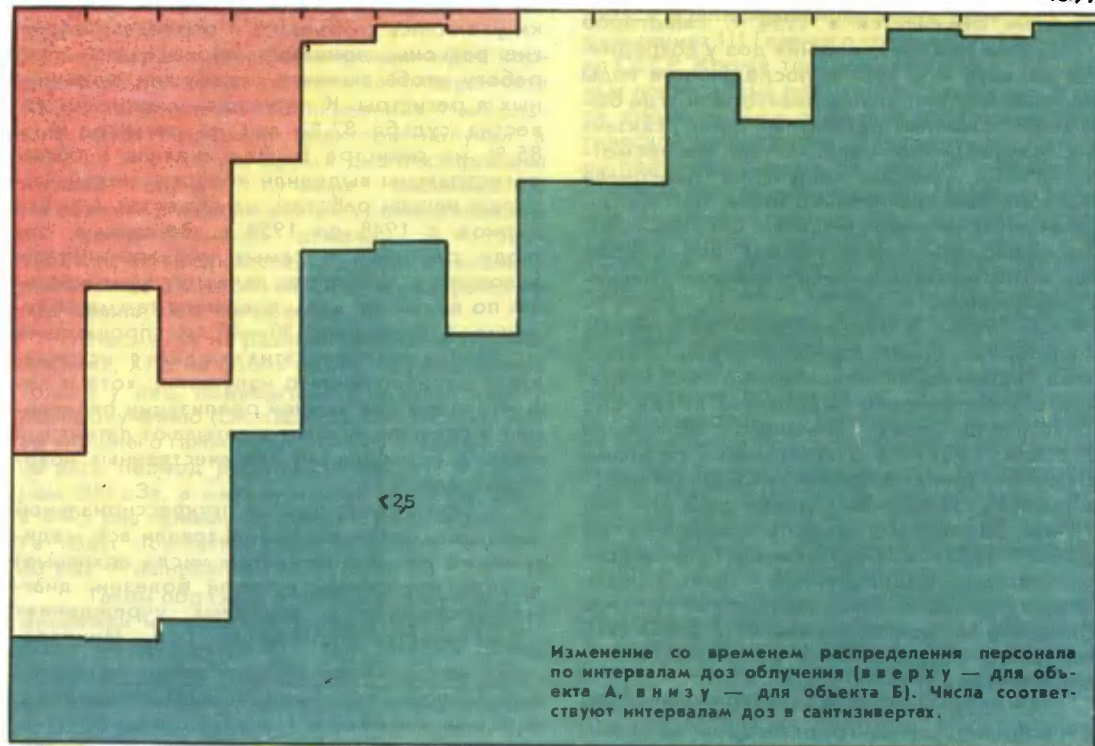
В 1952 г. был введен новый норматив, ограничивающий дозу облучения до 0,05 сЗв за 6 рабочих часов, что соответствовало 15 сЗв за год. В новом документе, как и в





1960

1974



предыдущем, разрешалось разовое аварийное облучение в дозе не выше 25 сЗв за время не менее 15 мин. Эти нормы, приемлемые для эксплуатационного персонала, тем не менее были невыполнимы при проведении ремонтных работ. Чтобы сократить время проведения ремонтов и тем самым уменьшить возможное облучение, к их проведению привлекались наиболее опытные и квалифицированные работники, однако из-за ограниченной численности таких работников их индивидуальные дозы быстро снижать не удавалось. В связи с этим в 1954 г. была выпущена инструкция, предусматривающая возможность получения отдельными лицами доз до 100 сЗв при условии последующего перевода их на работы, исключающие контакт с источниками ионизирующей радиации. Приказом по Минсредмашу и предприятию в 1954—1955 гг. был установлен порядок перевода по дозиметрическим данным в «чистые» условия на срок 6 мес после суммарного облучения в дозе свыше 45 сЗв за последний год или свыше 75 сЗв за последние два года.

В результате принятых мер в 1953 г. средняя доза облучения персонала на объекте Б снизилась в 2,15 раза по сравнению с 1952 г. Доля лиц, имевших дозу более 25 сЗв, уменьшилась с 78,2 % в 1952 г. до 49,79 % в 1953 г. На объекте А подобный перелом отмечается в 1954 г. Некоторое отставание темпов снижения доз у сотрудников объекта А в этот и последующие годы объясняется тем, что на реакторе всегда было много сложных ремонтных работ, связанных с радиационной опасностью. Но несмотря на это, уровень облучения персонала реактора был значительно ниже, чем на радиохимическом производстве. Об этом говорит сравнение среднегодовых доз и доли лиц, которые подверглись наиболее сильному облучению.

С 1960 г. в стране стали действовать «Санитарные правила работы с радиоактивными веществами». Приложение № 2 к правилам устанавливало недельную предельно допустимую дозу внешнего облучения 0,1 сЗв и годовую 5 сЗв. Однако и по этому документу (пункт 8 приложения 2) при необходимости суммарная годовая доза для лиц старше 30 лет могла быть увеличена до 12 сЗв. С 1970 г. в Минсредмаше были введены нормы радиационной безопасности (НРБ-69), согласно которым годовой уровень облучения не должен превышать 5 сЗв (это положение сохранено и в действующих сегодня нормах НРБ-76/87).

С 1968 г. на объекте Б и с 1974 г. на объекте А индивидуальные годовые дозы, получен-

ные работниками, не превышают 5 сЗв, а средние уровни облучения постепенно уменьшаются. Таким образом, за счет целенаправленных совместных усилий администрации и медицинской службы, совершенствования методов ограничения радиационных нагрузок удалось снизить облучение персонала до допустимого уровня.

ПЕРЕОБЛУЧЕНИЕ И ЗДОРОВЬЕ ПЕРСОНАЛА

Достаточно надежным критерием, характеризующим условия труда любого промышленного предприятия, является здоровье персонала. Как уже указывалось, в период освоения и в первые годы эксплуатации объектов А и Б основным фактором профессионального вредного воздействия было внешнее гамма-излучение. Поэтому в качестве характеристики ближайшего эффекта, вызванного влиянием условий труда на этих производствах, можно рассматривать частоту возникновения лучевой болезни, а в качестве показателя отдаленных последствий — уровень смертности от злокачественных новообразований.

В начале 80-х годов нами были составлены поименные регистры, включающие весь персонал объектов А и Б¹. Поскольку за прошедшие 40 лет многие бывшие работники уволились с объектов и переехали в другие регионы, пришлось провести немалую работу, чтобы выяснить судьбу лиц, включенных в регистры. К настоящему времени известна судьба 87 % лиц из регистра А и 85 % из регистра Б. Для анализа в обоих регистрах мы выделили когорты людей, которые начали работать на объектах А и Б в период с 1948 по 1958 г. Во-первых, эти люди работали в самых неблагоприятных условиях, т. е. когорты являются критически по величине дозы внешнего гамма-облучения, а, во-вторых, 30—40 лет, прошедшие от начала контакта этих людей с источниками ионизирующего излучения, хотя и недостаточны для полной реализации отдаленных эффектов, все же охватывают латентный период большинства злокачественных новообразований.

При оценке уровня профессиональной заболеваемости мы использовали все медицинские документы (в том числе архивные) и учли все случаи лучевой болезни, диагностированные в лечебных учреждениях III Главного управления при Минздра-

¹ Результаты по регистру А получены совместно с Н. С. Шильниковой.

ве СССР у работников объектов А и Б за 40 лет наблюдений.

Как на реакторе, так и на радиохимическом производстве работающие подвергались хроническому лучевому воздействию. В соответствии с характером формирования лучевой нагрузки в структуре профессиональной патологии преобладала хроническая лучевая болезнь (ХЛБ). Случаи острой лучевой болезни на обоих объектах были единичными, но несколько чаще встречались среди персонала реактора, где, особенно в первые месяцы после пуска, возникали аварийные ситуации, сопровождавшиеся разовым «острым» облучением работников. Следует подчеркнуть, что ни на объекте А, ни на объекте Б среди эксплуатационного или ремонтного персонала не было ни одного случая острой лучевой болезни со смертельным исходом.

Анализ полученных данных показал, что на объекте Б не только уровень заболеваемости ХЛБ, но и индивидуальные дозы внешнего гамма-облучения у этих больных были достоверно выше (по критерию Стьюдента, в доверительном интервале 95 %), чем на объекте А. Эти различия хорошо коррелируют с разницей в уровнях облучения всего персонала этих объектов. Действительно, на объекте Б в 1950—1952 гг. доля лиц с индивидуальными дозами более 100 сЗв в год была в 2—3 раза выше, чем на объекте А.

С характером формирования доз коррелирует не только уровень заболеваемости ХЛБ, но и время ее возникновения. Наибольшие дозы персонал реактора получал в 1949 г., и в это же время диагностированы первые случаи лучевых заболеваний. На объекте Б максимальный уровень внешнего гамма-облучения отмечен за 1950—1952 гг., и хроническая лучевая болезнь у работников этого объекта регистрируется на год позже, чем на объекте А.

Несмотря на различия в сроках возникновения, ХЛБ на обоих объектах развивалась только у лиц, подвергшихся значительному переоблучению (см. табл. 2). Суммарные дозы внешнего гамма-облучения у больных ХЛБ за весь период работы составляют в среднем 300 сЗв, а максимальные годовые дозы в 4—5 раз превышают действующий даже в те годы норматив (30 сЗв/год) и в 25—30 раз — нынешний (5 сЗв/год).

Таким образом, отчетливая зависимость динамики и уровня заболеваемости ХЛБ от дозы свидетельствует о том, что на обоих объектах возникновение хронической лучевой болезни было обусловлено именно внешним гамма-облучением, а величина доз, при которых развивается эта болезнь, указывает,

Таблица 2

Частота заболеваний хронической лучевой болезнью и дозы, полученные больными

Объект	Частота случаев ХЛБ (в % от общего числа лиц в когорте)	Средняя доза гамма-облучения, ГсЗв	
		Суммарная за весь период работы	Максимальная за год
А	5,8±0,5	264±14	127±11
Б	22,5±0,6	340±5	150±4

что порог для ее возникновения существует и он достаточно высок.

По мере улучшения радиационной обстановки уровень заболеваемости ХЛБ снижался. Так, из общего числа больных ХЛБ более 80 % заболели в 1950—1953 гг., а уже на 1954 г. приходится только 7 % заболеваний. Ни у одного человека, начавшего работать на реакторе после 1953 г., а на радиохимическом производстве — после 1958 г., ХЛБ не возникала.

Больные ХЛБ, как и большинство переоблученных в первые годы становления атомной промышленности, продолжают наблюдаться в специализированных лечебных учреждениях III Главного управления Минздрава СССР. Кроме того, для изучения отдаленных последствий радиационного воздействия за этими лицами проводилось эпидемиологическое наблюдение. К настоящему времени получены данные об уровнях смертности от злокачественных опухолей (включая новообразования кроветворной и лимфатической тканей) среди персонала объектов А и Б, начавшего работать в 1948—1958 гг. (см. табл. 3). Уровень смертности от онкологических заболеваний на обоих объектах составляет в среднем 6,5 %. Как и следовало ожидать, отчетливо выявилась зависимость образования опухолей от дозы облучения, причем уровень смертности определяется как суммарной дозой, так и максимальным значением дозы за год. Достоверное увеличение смертности обнаружено для уровней облучения свыше 100 сЗв за весь период работы в сочетании с максимальной дозой в 25 сЗв за любой год.

Данные по каждому объекту не случайно представлены раздельно, хотя достоверных различий между ними в уровнях смертности и не замечено. Дело в том, что персонал радиохимического производства, в отличие от работающих на реакторе, имеет контакт с радионуклидами, в том числе и такими

Таблица 3

Уровень онкологической смертности среди персонала объектов А и Б за годы наблюдений (в % от общего числа лиц, начавших работу до 1958 г.)*

Объект	Суммарная доза гамма-облучения, сЗв		Максимальная доза за год, сЗв	
	≤100	>100	≤25	>25
А	$5,7 \pm 0,6$			
Б	$9,4 \pm 1,2$			
В целом	$5,9 \pm 0,7$			
	$8,7 \pm 1,1$			
	$4,3 \pm 0,4$			
	$8,1 \pm 0,6$			
	$4,2 \pm 0,5$			
	$7,7 \pm 0,5$			
	$4,8 \pm 0,4$			
	$8,4 \pm 0,5$			
	$4,9 \pm 0,4$			
	$7,9 \pm 0,5$			

* В таблице представлены стандартизованные по возрасту показатели смертности людей, начавших работать практически одновременно, т. е. показатели смертности сверстников. Достоверное увеличение смертности в группах с большими дозами можно расценивать как результат влияния радиации. Уровень смертности в группах с меньшими дозами не отличается от онкологической смертности взрослого населения СССР (~200 случаев на 100 тыс. чел/год, что за 30 лет составит примерно 6 %).

опасными в отношении образования опухолей, как альфа-активные трансурановые элементы, в первую очередь плутоний. Однако на фоне значительного внешнего переоблучения, полученного персоналом объекта Б в первые годы его эксплуатации, роль внутреннего облучения выявить не удастся. Возможно, это обусловлено и сравнительно небольшой долей персонала, имевшего контакт с такими количествами плутония, которые создали бы дозу, сравнимую с дозой внешнего гамма-воздействия. Акцент на исследовании действия гамма-излучения отнюдь не означает, что мы недооцениваем роль внутреннего облучения. Мы глубоко убеждены (и это убеждение основано не только на опубликованных в научной литературе, но и на собственных экспериментальных данных), что попавшие внутрь тела радионуклиды, особенно альфа-излучатели, могут оказать значительно большее влияние на образование злокачественных опухолей, чем внешнее гамма-облучение. В будущем мы предполагаем проанализировать роль внутреннего облучения на фоне действия малых доз внешней гамма-радиации. Пока же из проведенного анализа можно сделать вывод о том, что внешнее гамма-облучение представляет серьезную опасность для здоровья персонала при дозах, существенно превышающих допустимые.

Эти данные легли в основу рекомендаций Национальной комиссии по радиационной защите о включении в группу повышен-

ного риска лиц, подвергшихся внешнему гамма-облучению с суммарной дозой 100 сЗв и выше в сочетании с максимальной дозой за какой-то год 25 сЗв и выше. Руководство Минсредмаша и Минздрава СССР, получив поддержку Совета Министров СССР, приняло решение о материальном возмещении ущерба здоровью лиц, входящих в группу повышенного риска (выплаты пенсии в максимальном размере независимо от того, были зарегистрированы у них профессиональные заболевания или нет).

Из-за необходимости в кратчайшие сроки изучить материал для ядерного оружия в первые годы создания атомной промышленности в нашей стране вследствие отсутствия опыта работы, недостатков в ее организации, несовершенства технологий и оборудования и других причин персонал атомных объектов подвергался значительному облучению. Это привело к росту профессиональной заболеваемости (впрочем, не превысившей уровня, характерного в то время для тяжелых отраслей промышленности).

Атомные объекты — чрезвычайно сложные предприятия, и их эксплуатация требует тщательной организации производства, высокой квалификации и строжайшей дисциплины работников, постоянного внимания к вопросам безопасности персонала. Если соблюдать все необходимые условия, развитие этой отрасли может идти без ущерба для здоровья персонала и населения. Это подтверждает опыт первого предприятия атомной промышленности: благодаря непрерывному совершенствованию системы радиационной безопасности уже к концу 50-х годов значительно улучшились условия труда, а с начала 70-х уровни облучения не превышают допустимых величин. Ни у одного человека, начавшего работать на реакторном или радиохимическом производствах после 1958 г., не возникла хроническая лучевая болезнь.

Исследования, ведущиеся на этом предприятии около 40 лет, позволили оценить дозы ионизирующей радиации, которые представляют реальную опасность для здоровья человека в отношении как непосредственных последствий, так и отдаленных соматических эффектов. Не только острая, но и хроническая лучевая болезнь может возникнуть лишь при облучении в дозах, многократно превышающих допустимые. Накопленный опыт организации производства, труда и контроля имеет большое значение для выбора правильных решений в атомной промышленности и энергетике.

Г. А. Заварзин

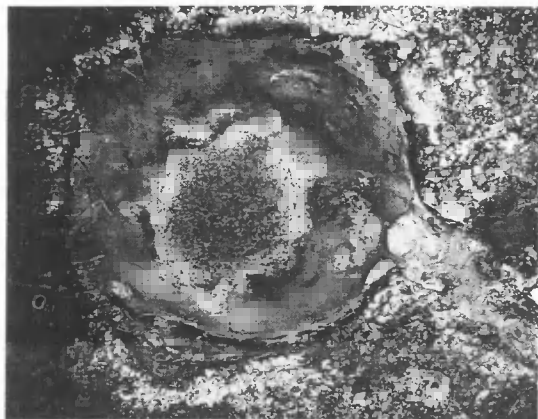
Заповедники
для микробов

Георгий Александрович Заварзин, член-корреспондент АН СССР, заведующий лабораторией литотрофных организмов Института микробиологии АН СССР. Основные научные интересы связаны с физиологией микроорганизмов, участвующих в круговороте неорганических соединений, систематикой и экологией бактерий, изучением их сообществ и биоценозов. Член редколлегии журнала «Природа», его постоянный автор.

ГОВОРЯ о сохранении генетических ресурсов, или разнообразия, биосферы, обычно имеют в виду диких животных или растения. Именно для них создают заповедники и заказники, а угроза исчезновения редкого вида зверей или птиц быстро возбуждает внимание общественности. Правда, теперь стало ясно, что необходимо охранять и природные сообщества, и уникальные ландшафты. Но заповедники для микробов? Эта идея не то чтобы воспринимается в штыки, но многим кажется неожиданной — ведь микробы есть всюду, они наши враги, с ними нужно бороться, стерилизуя, дезинфицируя. Но отбросим привычный штамп «врага под микроскопом» и попытаемся осознать, что среди этих древнейших организмов, создавших условия существования биосферы, которую мы пытаемся сохранить, есть не только враги, но и лабораторные объекты для фундаментальных биологических исследований, что микроорганизмы — это богатейшие ресурсы для биотехнологии.

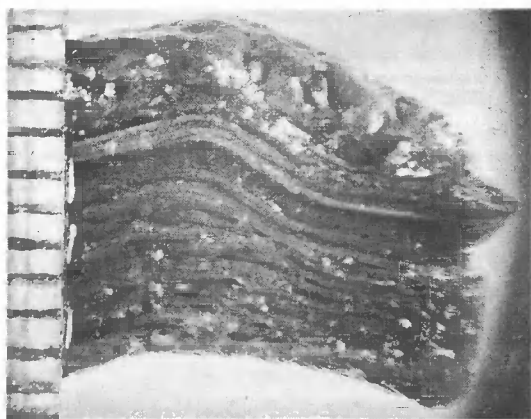
Начать придется издалека.

Всего 12 лет назад, когда научное и общественное природоохранное движение повсюду искало более совершенные, чем прежде, формы, об охране микроорганизмов не было оснований даже сказать вслух. Почему? По Международному кодексу номенклатуры бактерий, принятому в 1978 г., право на формальное существование имели только те



Выходы горячих источников в кальдере Узон (Кроноцкий заповедник). Конусы образованы кремнистыми отложениями вокруг грифонов, в которых идет фоссилизация современных цианобактерий.

Фото В. К. Орлеанского.



Пленка термофильных цианобактерий *Mastigocladus laminosus* и *Phormidium laminosum* [ручей Термофильный, кальдера Узон].

Здесь и далее фото автора.

из них, которые выделены в чистую культуру и сохраняются хотя бы в одной из общепризнанных коллекций в качестве типового штамма. Если бактерии нет в мировой коллекции (а на деле — в американской, занимавшей почти монопольное положение), то она, бактерия, как бы и не существует в природе. А раз так — то что же охранять?

Своеобразно понималось по кодексу и генетическое разнообразие бактерий: достаточно исследовать биохимические признаки одного типового штамма, чтобы распространить их на весь вид бактерий без каких-либо уточнений или изменений. Потребовалось десятилетие, чтобы осознать тривиальную истину о необходимости учитывать внутривидовую изменчивость и полпытаться, еще робко, перейти к популяционному подходу.

Если придерживаться принципов кодекса, выходит, что вне коллекционированных и выращенных в культуре организмов нет ничего заслуживающего даже наименования. А между тем за 12 лет, прошедших после принятия кодекса, описано около трети новых родов (не видов!) бактерий, большинство которых обнаружено в строго анаэробных местах обитания; в гидротермах и на термальных площадках; в олиготрофных водоемах, включая океан.

Эти новые микроорганизмы — неисчерпаемый источник знаний. Хорошо изучены к настоящему времени анаэробные бактерии (за счет новой микробиологической техники исследования). И один из основных полученных выводов — тесная трофическая связь разных бактерий в одном сообществе.

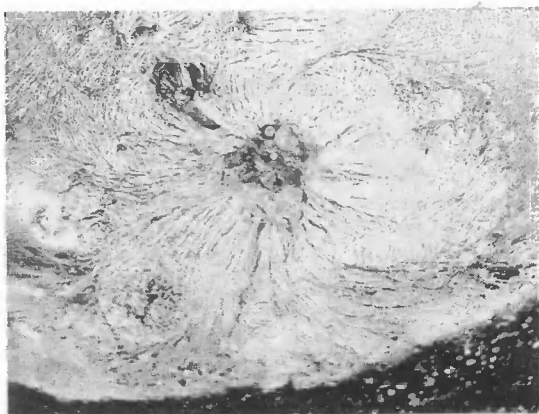
Более того, в нем выявлены так называемые синтрофные пары, в которых раздельное существование организмов абсолютно невозможно, поскольку продукт жизнедеятельности одного служит субстратом для другого. Отметим, что пример такого взаимодействия был известен и изучался в лабораториях: 20 лет назад открыто несколько пар бактерий разных видов, в которых водород переносится от одного организма к другому. Членов такого сообщества можно выделить (хотя и с большими трудностями) и культивировать, но воссоздать само сообщество из коллекционных культур удастся далеко не всегда, поскольку в его составе, видимо, имеются немногочисленные, но необходимые для существования компоненты. Следовательно, объектом охраны должны быть не отдельные анаэробные микроорганизмы, а их комбинация, но лучше — все сообщество.

Итак, природное сообщество представляет собой наиболее важный резервуар потенциальных микробных ресурсов, его нельзя заменить никакой самой полной и тщательно сохраняемой коллекцией микроорганизмов. Лишь оно может служить источником микробиологических объектов для разного рода исследований и ценно не только составляющими его компонентами, а и само по себе как целое.

Вероятно, для зоолога или ботаника, давно осознавших ценность биоценоза, все сказанное здесь — само собой разумеется, но почему-то именно им кажется неожиданной мысль о необходимости создания запо-



Грифон, обрамленный кольцевым валиком термофильной цианобактерии *Mastigocladus* sp. (кальдера Узон). В центре грифона бактерия не растет из-за высокой даже для нее температуры.



Белые космы *Thermothrix thiopara* обрамляют выход горячей слабощелочной воды, содержащей сероводород. Такие космы, очень быстро развивающиеся при температурах от 80 до 55 °C, — наглядная характеристика химизма источника.

ведников для микробов, где объектом охраны были бы тоже биоценозы, но только микробные. Эта мысль представляется столь же неожиданной и микробиологам, большую часть которых составляют медицинские и технические, для них бактерия — истинный враг.

Приведем несколько примеров микробных сообществ, научная и прикладная ценность которых не вызывает сомнений, чтобы убедиться, насколько насущна для них охрана. Первые из них — сообщества гидротерм¹. Открытые в последние годы, эти сообщества стали сенсацией, поскольку в них обнаружены необычные микроорганизмы: одни из них развиваются при температуре лишь немногим ниже 100 °C, другие находятся в симбиотических отношениях с вестиментиферами, моллюсками, креветками и обитают вблизи глубоководных выходов вулканических газов. Сейчас специалисты пытаются понять, чем обеспечивается столь необычная в живом мире устойчивость клетки к высокой температуре и выяснить молекулярные глубины симбиоза. Микробные сообщества гидротерм уже служат источником для выделения термофильных анаэробных штаммов микроорганизмов, которые используются для биотехнологической переработки продуктов растениеводства. Такая переработка и более выгодна, и менее трудоемка: при столь высокой температуре не может развиваться банальная микрофлора, загряз-

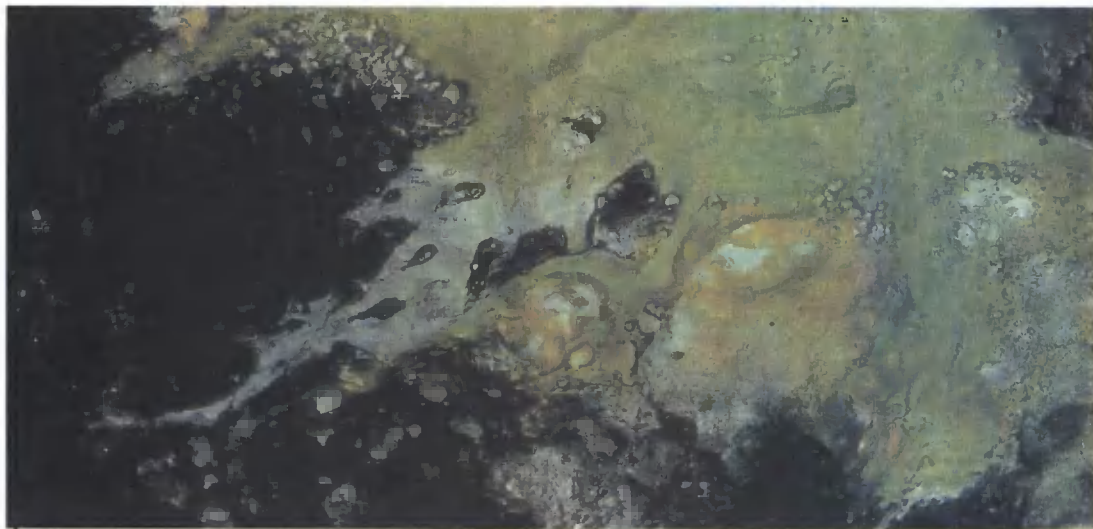
нения которой приходится опасаться в биотехнологических процессах; нет необходимости ограничивать или полностью предотвращать поступление в ферментер кислорода, поскольку его растворимость, как известно, падает с повышением температуры; и — это очень важно — повышается скорость ферментации.

Нуждаются ли эти сообщества в защите?

Жизнь гидротерм изменчива и быстротечна: минеральные отложения цементируют ее русло, заполняют исток, течение меняется, перемещаются и зоны, населенные бактериями. А если горячий источник заключен в трубы и его вода используется для лечения или обогрева жилья, ясно, что это отнюдь не продлевает его жизнь: как естественный биоценоз он перестает существовать.

Еще одна опасность грозит гидротермам со стороны любителей попутешествовать и полюбоваться красотами природы — после них источники слишком часто оказываются заваленными мусором. Нельзя понять эту более чем странную привычку сбрасывать отходы именно в источник, но этому пороку, судя по всему, подвержены не только наши соотечественники. По словам американского микробиолога Т. Брока, он работал в Йеллоустонском национальном парке под градом пивных банок, летевших со стоянки. Последствия пикников мне пришлось наблюдать на о. Кунашир. Столбовские источники на вулкане Менделеева сейчас едва пробиваются по ложу из-под груды

¹ Заварзин Г. А., Карпов Г. А., Горленко В. М. и др. Кальдерные микроорганизмы. М., 1989.



Микробный биоценоз ручья Термофильного, включающий несерную зеленую бактерию *Chloroflexus auranticus* [желто-зеленое пятно], растущую при 70 °С, и термофильную цианобактерию *Mastigocladus* sp. (темное пятно).

Биоценоз источника [98 °С] на западном термальном поле кальдеры Узон. Ложة источника покрыта космами *Thermothrix* sp. со снежно-белыми отложениями серы, под которыми развиваются сульфидогенные бактерии. Над котлом в пропариваемой почве растет *Cyanidium caldarium* — самая высокотемпературная эукариотная красная водоросль. Еще выше — тионовые бактерии, продуцирующие серную кислоту, которая выщелачивает породу до белых глини.

бутылок и разных остатков пиршества туристов. А ведь 20 лет назад я видел здесь источник с бросающимися в глаза приметами микробной жизни — полутораметровыми космами белых нитей термотрикса и розовыми термуса, организма, который вскоре стал излюбленным объектом молекулярно-биологических исследований. К сожалению, Столбовские источники остались вне заповедника, недавно организованного на Кунашире, а окажись они под охраной, их прежняя пышная жизнь могла бы восстановиться.

Как микробные ресурсы для биотехнологии необходимо охранять не только сами термальные источники, а и область их питания. Если оградить микробный биоценоз от доступа человека и защитить от механических повреждений особых трудностей не представляет, то сохранить неизменной область питания источника — сложно и дорого. И тем не менее это необходимо.

Помимо перечисленных доводов есть





Биоценоз оз. Кипящего в кальдере Головина (о. Кунашир, Южно-Курильский заповедник). В этом озере, представляющем большой грязевой котел с множеством выходов, обильно развиваются термофильные сульфидогенные археобактерии, на берегу — тиновые бактерии (светлое пятно), а в выходах сульфидных источников — жгострельно термофильные археобактерии, растущие при 100 °С. На одном из берегов озера — гусеничные следы и мусор.

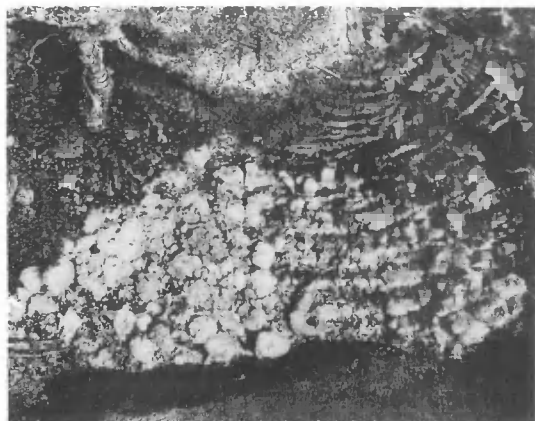
еще один: источники являются резерватами редких микроорганизмов, причем как раз таких, которые пока с трудом поддаются культивированию в лабораторных условиях. И если не заповедать такие гидротермы, не исчезнут ли в них микроорганизмы раньше, чем мы научимся их выращивать?

В 30-х годах замечательный микробиолог-натуралист Б. В. Перфильев описал весьма интересный организм — *Thiodendron latens* — в источнике, расположенном в полукруге ходьбы от поселка Курортное на Керченском п-ове. В 80-х годах я пытался обнаружить там тиодендрон, но каждый раз находил лишь оборванные сероватые пленки. Наконец, однажды повезло. В камышах я увидел источник, а на дне, в потоке чистой и холодной воды — нежные серовато-голубые, похожие на гребневиков, колонии тиодендрона. На небольшом расстоянии от ис-

точника в землю была вкопана цементная ванна, куда собирались его воды и где великолепно развивались пурпурные фотосинтезирующие бактерии. По счастливой случайности источник остался незамеченным семейством, которое плескалось возле ванны. Что стало бы с тиодендром, пройди эти люди несколько шагов? Единственная за три года находка очень редкого микроба, столь ценная для микробиолога, была сфотографирована, образец микробной пленки мы привезли в институт, но получить культуру тиодендрона так и не удалось, его колония лишь осталась запечатленной на микрофотографии. Кстати, до этого не было даже и снимков, а только рисунки Перфильева. Тиодендрон растет в одном месте, в единственном биоценозе. Так разве он менее ценен, чем какое-либо редкостное растение, и разве не нуждается в охране его единственное место обитания? Тиодендрон не исследован современными методами, но может статься, что и не попадет на лабораторный стол, если до источника доберутся люди².

Другой пример сообщества, очень чувствительного к воздействию человека,—

² В 1988 г. сотрудниками Института микробиологии тиодендрон обнаружен в бухте Кратерной.



Thiodendron latens в Чокракском источнике [Керченский п-ов]. Колонии этого железо-серного микроба имеют вид нежно-голубоватых комочков с ритмически повторяющимися концентрическими слоями в каждой колонии.



Микрофотография *Thiodendron* sp. из Чокракского источника. В колониях клетки бактерий соединены довольно толстыми нитями — гифами.



Микрофотография экстремально термофильной сульфидогенной зубактерии *Thermodesulfobacterium* из горячего источника кальдеры Узон.

Фото Е. Бонч-Осмоловской.

сообщество синезеленых водорослей, или цианобактерий. Они встречаются повсюду и заслужили репутацию признаков сильного загрязнения водоемов. Но не о них здесь речь, а о тех, которые обитают в лагунах с переменной соленостью и бедных эвкариотными организмами. Такие сообщества являются собой модель жизни на Земле в далекие эпохи, когда еще не было эвкариот, и представляют уникальную возможность заглянуть в прошлое органического мира. Есть несколько таких лагун, и в них обстоятельно исследуются микробные сообщества. Это небольшая лагуна (0,8 га Солар Лейк на Синайском п-ове, богатая галофильными бактериями; лагуна Фигероа в Калифорнийском заливе (недавно она сильно изменилась после внезапного дождя); знаменитый строматолитами Хамелин-Пул на западе Австралии. К ним можно добавить и лагуны Сиваша.

Цианобактериальные сообщества представляют морфологически структурированное объединение множества разнообразных микроорганизмов. Значительная часть их не выделена в чистую культуру и потому формально как бы не существует для микробиологов.

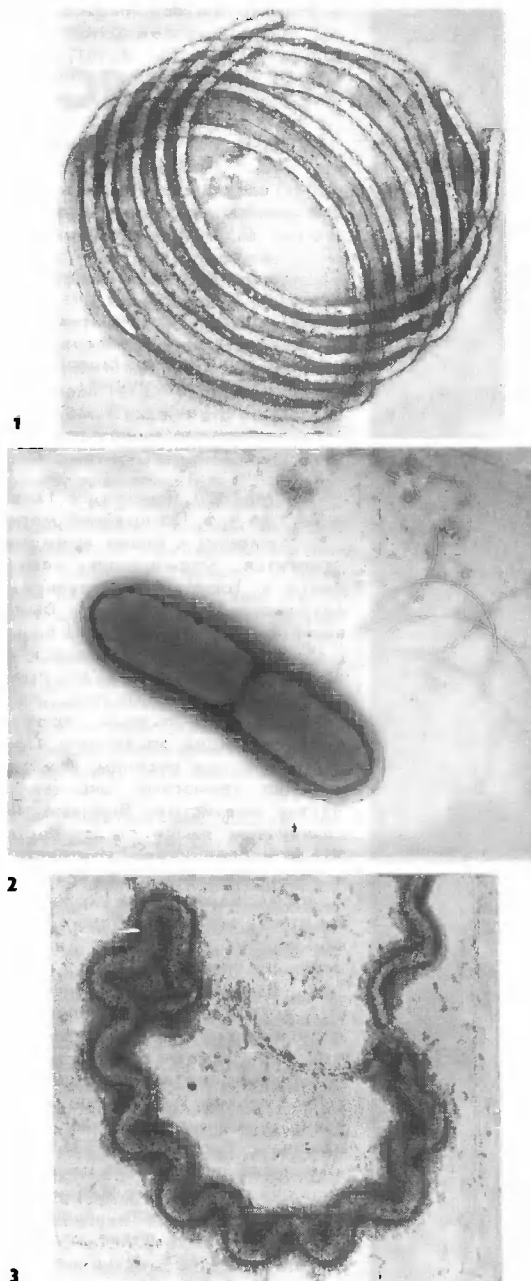
Сообщества цианобактерий необычайно ранимы, их жизнь может оборваться от простых механических повреждений, следы человека, в том числе исследователя, сохраняются годами. Эти сообщества, когда-то покрывавшие Землю, оставили свидетельства своей жизни — строматолиты — слоистые осадочные породы, характерные для длительных периодов протерозоя. Они исчезли, скорее всего, с появлением беспозвоночных, питавшихся бактериями, и сохранились лишь в таких областях, где эти животные почти не могли развиваться.

Совершенно очевидно, что немногие места в нашей стране (общей площадью лишь в несколько десятков или сотен квадратных километров), где сохранились цианобактериальные сообщества, нуждаются в охране и защите, и надежда только на заповедники.

Приведенные примеры — это лишь наиболее яркие и хорошо известные микробные сообщества.

Не менее ценны биоценозы, в которых микроорганизмы сосуществуют с беззвончными, например сообщества бухты Краптерной на Курильских о-вах³. Пока она малодоступна для человека, но где гарантия на будущее?

³ Тарасов В. Г., Пропп М. В. Уникальное морское сообщество // Природа. 1987. № 2. С. 41—49.



Микрофотографии экстремально термофильных зубактерий. 1 — *Dictyoglomus turgidus* [Узон], хорошо разлагающая растительные остатки (в лаборатории выращена на опилках); 2 — *Anaerocellum thermophilum*, бактерия активно разлагающая целлюлозу и растущая при 86 °С; 3 — *Spirochaeta thermofila* из прибрежной гидротермы (о. Шиншкотан), хорошо гидролизующая углеводы и слабо — целлюлозу и растущая при 78 °С.

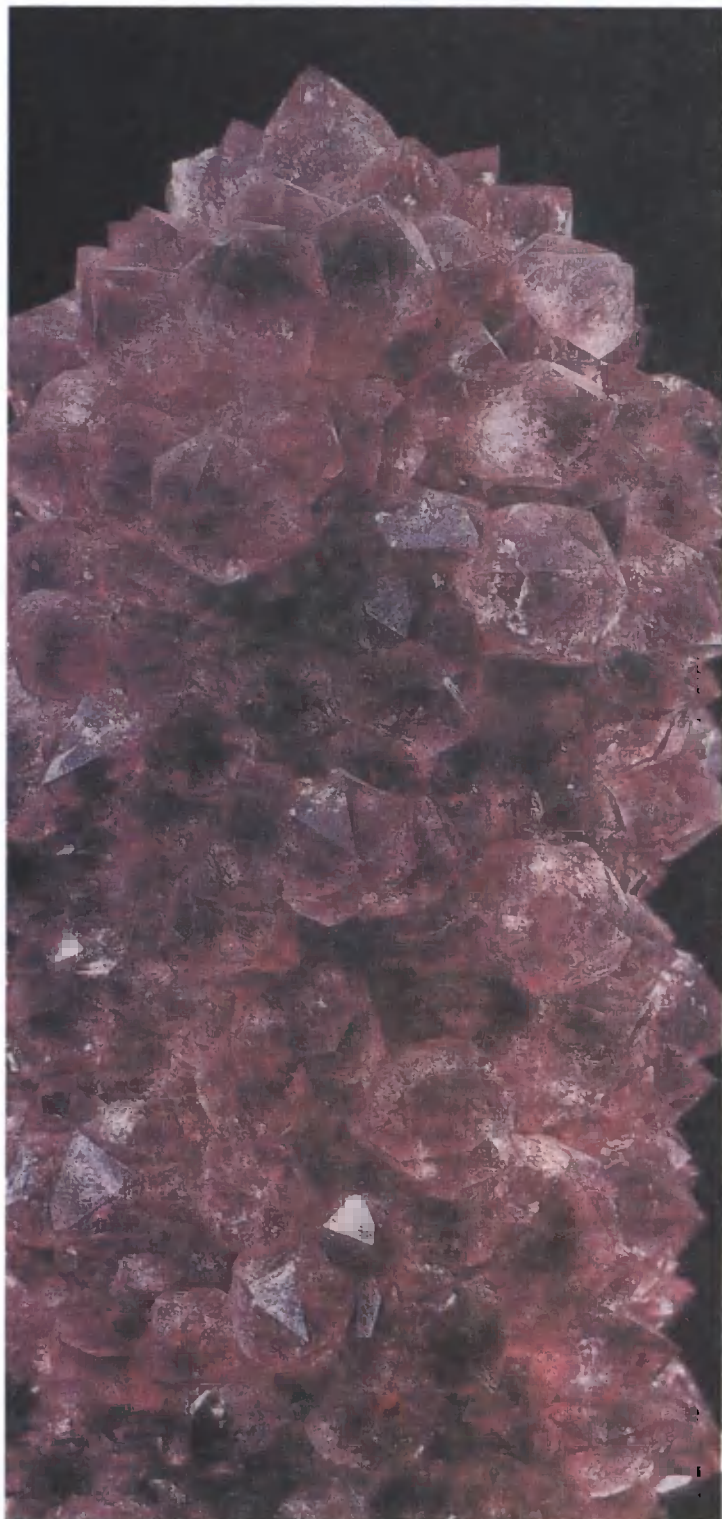
Фото В. А. Светличного и Е. А. Аксеновой.

Экологическое сознание нового поколения изменилось, ему стала дорога окружающая его природа. Сейчас сознательно причиненный вред природе есть либо протест против общества, либо тупое администрирование. В понимании необходимости сохранить окружающий нас мир животных и растений немалая заслуга принадлежит движению в защиту животных. Но защиту «братьев наших меньших» следует распространить и на братьев микроскопических.

Ресурсы бактериологического материала, наиболее доступные для сегодняшних биотехнологических целей, складываются не только из коллекционных штаммов, но и из природных сообществ. Ясно, что и защите подлежат не отдельные микроорганизмы в пробирках, а природные биоценозы. Заповедники для микробов нужны, пожалуй, не менее, чем для любых других генетических ресурсов. Конечно, сохранение чистой культуры в коллекции позволяет поддерживать жизнь бактерий и при необходимости размножить их. Простота этих процедур не идет ни в какое сравнение с получением замороженных генеративных клеток животных, хранением половых клеток и последующим их слиянием, если придет время вывести на свет то или иное существо. Но собрать, сохранить семена растений и высеять, чтобы получить новые, — гораздо проще, чем вырастить чистую культуру бактерий, и тем не менее растения охраняются в заповедниках, заказниках, ботанических садах. Добавим, что микроорганизмы более любых других зависят от условий окружающей среды и потому являются чувствительными индикаторами ее состояния. Среди них также имеются эндемичные формы, приуроченные к строго определенным местам обитания.

Кто в состоянии сказать, какие из низших эвкариотных организмов будут завтра желанным объектом биотехнологии? Сегодня пока им служат бактерии. Кто в состоянии утверждать, что наши знания о них столь же соответствуют завтрашним потребностям биотехнологии, как соответствовали знания, скажем, об *Escherichia coli* при зарождении генной инженерии?

Микробиологические генетические ресурсы не ограничены теми штаммами, которые поставлены на полку термостата или заключены в ампулу, погруженную в жидкий азот. Эти ресурсы еще находятся в природе, часто неизвестные и незадаваемые.



АМЕТИСТ

Л. И. Цинober,
кандидат геолого-
минералогических наук
С. Ф. Ахметов,
кандидат геолого-
минералогических наук
Всесоюзный
научно-исследовательский
институт синтеза минерального
сырья Министерства геологии СССР
Александров

АМЕТИСТ известен с IX в. до н. э. По крайней мере именно к этому времени относится упоминание самоцвета в Торе¹ под названием «ахламаг». Позже Тора была включена в Библию и в III в. до н.э. переведена на греческий язык. При этом «ахламаг» превратился в «амедистос», что означает — не пьяный, противодействующий опьянению. Попав к древним русичам, камень потерял греческое окончание и стал аметистом. Впервые на славянском языке он назван в XII в. в следующем контексте: «Основание стень града всячемь драгимь каменiemь украшен... Аметистъ же ... яко божия огня образъ и разделения языкъ огньныхъ приять».

В дальнейшем аметист часто встречается в различных документах: «Мистрь глаголетъ, что тотъ аметистовъ камень, который привозятъ изъ ындейскихъ странъ, дражаиши есть всехъ камении, которые суть цветомъ багряны» (1534 г.); «Аматистъ есть камень цветомъ вишневь, а родится в Индии; сила того камени есть: пьянство отгоняти, мысли лихие отдаля-

© Цинober Л. И., Ахметов С. Ф.
Аметист

¹ Тора — древнееврейское название Пятикнижия.

Башня из кристаллов аметиста.
Уругвай.

еть, добрый разумъ делаетъ и во всякихъ делехъ помочь да-еть» (1672); «Поверхъ короны наколотныхъ два жемчуга, да варег камень съ жемчугомъ жъ» (1683); «У того же креста на спняхъ серебряныхъ семь камней, два вареника красныхъ, три лазоревые, два хрустала» (1687); «Верхъ короны пять камешковъ варенцы, въ томъ числе два зеленые, да два лазоревые, да красной» (1696).

Из этих старинных текстов следует, что основные месторождения аметиста находились в Индии и что на Руси аметист называли также варегом или вареником. Связано это с тем, что для улучшения окраски некоторые аметисты требовалось «варить», т. е. обжигать.

Среднеазиатский ученый-энциклопедист Бируни в своей знаменитой «Минералогии» писал: «Знатоки говорят о пьющих из аметистовых чаш, будто они медленно пьянеют». Древние греки изображение бога Диониса — покровителя виноградарства и виноделия — обычно вырезали на аметисте. Вообще, этот самоцвет был одним из самых популярных в Европе материалов для камней и инталей.

Аметистовые сосуды обнаружены в захоронениях Древнего Египта. Видимо, они были частью какого-то посмертного ритуала. Скарабеи, найденные в гробнице Тутанхамона, вырезаны не только из лазурита, но и из аметиста.

Фиолетовый камень — давний атрибут князей церкви. Каждому новому епископу при посвящении в сан папа надевал перстень с аметистом. Одежды епископов и кардиналов традиционно расшивались аметистами. Недаром в католических странах этот самоцвет считали епископским, а на Руси — архиерейским. Цены на аметист были очень высоки. В старинной грамоте читаем: «Царица Мария Ильинишна пожаловала девке Ографене Лопухиной серьги с жемчюги, камня вареники — те серьги куплены в серебряном



Сросток аметиста и кварца. Рудные горы, ГДР.

ряду от торгового человека за рубль 16 алтын 2 денги. За эту сумму можно было купить несколько коров.

Русские цари питали особую слабость к драгоценным камням. Епископ Элассонский в 1598 г. писал, что в Золотой палате Кремля на царицу нельзя было смотреть без удивления — настолько ослепителен ее наряд. Среди украшавших ее корону самоцветов находились и крупные аметисты. Во время венчания родителей Петра I в 1761 г. царице сделалось дурно под тяжестью одежды, усыпанной драгоценными камнями. При коронации Александра I бросались в глаза украшавшие трон четыре аметиста необыкновенной величины.

Женщины предпочитали аметист другим камням может быть еще и потому, что, согласно поверьям, поглаживание кожи аметистом приводит к удалению бородавок, веснушек, родимых пятен.

С точки зрения минералогии, аметист — одна из окрашенных разновидностей широко распространенной полиморфной модификации оксида кремния — кварца. Твердость его по шкале Мооса равна 7 (мягче топаза, но много тверже стекла), плотность — 2,63—2,65 г/см³, показатель преломления — 1,54—1,55, дисперсия — 0,013. Аметист окрашен в редкий для самоцветов глубокий фиолетовый цвет. Вдобавок он обладает плеохроизмом, т. е. окраска кристалла аметиста меняется в зависимости от его ориентации по отношению к лучу света.

Самые значительные современные месторождения аметиста находятся в Бразилии, Уругвае и на Мадагаскаре. Широко известны уральские аметисты с легким пурпурным оттенком. В них при повороте на фиолетовом фоне проскакивают красные искры, делающие камень особенно ценным. (Не эти ли искры вспоминает Н. Гумилев в поэме «Дракон»:

До глубин ночами и днями
Аметист светился и цвел
Многоцветными огоньками,
Точно роем веселых пчел?
По современной геммологической классификации аметист относится к ювелирным

камням четвертого порядка вместе с бериллом, бирюзой, пиропом. Цена его на мировом рынке колеблется от 10 до 50 долл. за карат.

Постепенно его природные запасы истощаются, поэтому ученые уже давно пытались получить искусственные кристаллы аметиста. Первые удачные опыты относятся к концу 50-х годов, но эти удачи были бы невозможны без длившихся свыше столетия экспериментов по синтезу бесцветного кварца, природная разновидность которого — хорошо всем известный горный хрусталь. (Здесь, видимо, стоит напомнить, что по химическому составу и физическим свойствам аметист и горный хрусталь неразличимы, если не считать разной их окраски. Столь же близки к ним желтый кварц — цитрин и черный — морион.)

Известно, что все разновидности кварца кристаллизуются из горячих водных растворов в подземных пустотах. Температуры кристаллизации — от 400—500 К (горный хрусталь, аметист) до 720—770 К (морион). Столь же разнообразны и давления — от 5 МПа до 10 ГПа. Основная масса горного хрусталя кристаллизуется в безрудных кварцевых жилах при температурах 470—620 К.

Крупные прозрачные кристаллы бесцветного кварца в природе встречаются довольно редко. Применение же их, в отличие от аметиста и других окрашенных разновидностей кварца, далеко не исчерпывается ювелирным делом. Поэтому проблема синтеза бесцветного кварца возникла раньше других.

Первым искусственные кристаллы кварца микроскопических размеров получил немецкий ученый К. Шафхойтель в 1845 г. Затем французские и английские специалисты, нагревая запаянную трубку с водой и кремневым гелем до 620 К, довели размеры кристаллов до 0,8 мм. А в конце XIX в., когда для химических реакций в растворах при высоких температурах и давлениях стали применять «бомбы» (толстостенные сосуды с заворачивающимися крышками) и затем — автоклавы, итальянские ученые Г. Спе-

циа и Р. Наккен вырастили кристаллы кварца весом до 5 г.

Их метод основывался на том, что растворимость кварцевого стекла превосходит растворимость кварца. Поэтому при некоторой температуре стекло в автоклаве растворялось, а кварц выпадал из раствора, нарастая на затравке. Однако постепенно стекло покрывалось тонким слоем кварца, и рост кристаллов кварца прекращался.

Итак, метод выращивания крупных кристаллов кварца был найден. Но еще долгие годы он не получал применения, и только в 1946 г. работы Н. и В. Вустеров заставили вспомнить об экспериментах итальянцев. Теперь предстояло разработать такую технологию синтеза, при которой в одной части автоклава кварц растворялся бы, а в другой — выпадал из раствора.

Решение нашел А. Уокер в 1950 г. Он предложил нагревать разные части автоклава по-разному: низ — до 673, а верх — до 653 К. На дно автоклава насыпали кварцевую шихту, сверху подвешивали затравочные кристаллы. За счет конвекции горячий, обогащенный кремнеземом раствор поднимался в верхнюю, более холодную часть автоклава, кварц из раствора выпадал на затравку, а остывший раствор опускался вниз за новой порцией кремнезема.

В своих опытах Уокер использовал растворы соды и щелочи. Лучшее его достижение — 312-граммовый кристалл кварца, выросший за месяц. Правда, этот монокристалл оказался невысокого качества.

В Советском Союзе опыты по синтезу кварца начал в 1939 г. кристаллограф Н. Н. Шефтал. Он использовал методику Наккена и, естественно, больших успехов не добился: после почти тысячи опытов удалось получить лишь мелкие кристаллы. Куда ценнее их оказался приобретенный опыт. В начале 50-х годов Шефтал применил описанный выше метод температурного перепада и из раствора карбоната натрия вырастил кристалл массой 17 г.

Дальнейшие работы в Институте кристаллографии АН СССР велись под руководством В. П. Бутузова. Его группа выращивала кварц из смеси ра-

створов соды и щелочи при температурах 633—693 К и температурном перепаде от 40 до 130 К. В лучшем опыте за месяц вырос кристалл весом 73 г. Из полученных кристаллов приготовили пьезоэлементы. Испытания показали, что по своим свойствам они практически не отличаются от пьезоэлементов из природного сырья.

Однако вскоре этой группе пришлось прекратить работы, поскольку не удавалось добиться хорошей воспроизводимости результатов, а неудачный выбор затравочных кристаллов приводил к образованию двойников. К тому же в одном из опытов автоклава взорвался...

В 1952 г. К. Браун вместе с Н. и В. Вустерами вырастили кристалл массой 150 г, по физическим свойствам аналогичный высококачественному природному кварцу. Почти одновременно в Центральной научно-исследовательской лаборатории пьезотехники (ЦНИЛП) получили кристаллы отличного кварца массой до 100 г.

Итак, на первом этапе выращивания искусственных кристаллов кварца, растянувшееся более чем на сто лет, особых успехов ученые не добились. Однако они заложили солидный фундамент для будущих исследований, во-первых, изучив растворимость кварца и других минералов кремнезема в различных средах при разных температурах и давлениях; во-вторых, исследовав рост кварца на затравках, ориентированных во всех возможных направлениях; в-третьих, разработав эффективный метод температурного перепада, позволивший значительно увеличить объем автоклава.

В 1954 г. на базе ЦНИЛП был создан Всесоюзный научно-исследовательский институт пьезооптического минерального сырья (ВНИИП). Лабораторию гидротермального синтеза возглавил А. А. Штернберг. Изучив температурное поле в автоклаве (который пришлось изготовить из ствола гаубицы калибра 122 мм) и определив другие технологические параметры, характеризующие его работу, затравку стали ориентировать в плоскости, перпендикулярной главной оптической оси кристал-

ла: при разрастании этой грани двойники не образовывались и кристаллы не растрескивались.

В результате ряда усовершенствований автоклава в 1955 г. удалось получить кристаллы кварца массой более 2,5 кг!

Между тем американская фирма «Белл телефон» также организовала лабораторию по выращиванию кристаллов. Кварцем здесь занимался А. Уокер. В 1953 г. ему за два месяца удалось вырастить кристалл весом 400 г. Несколько ранее в компании «Браш» в сообщающихся автоклавах (в одном растворялась шихта, а в другом рос кристалл) получили кварцевые блоки массой до 1700 г. Но работы со спаренными автоклавами пришлось прекратить из-за технических трудностей.

В 1956 г. в «Белл телефон» завершается разработка технологии синтеза кварца. Производство кристаллов взяла на себя другая американская фирма «Вестерн электрик», и через два года был пущен опытный завод, обеспечивший потребности всей радиоэлектронной промышленности США.

Спустя некоторое время выращиванием кварца занялись сразу несколько крупных фирм. Кристаллы широкого ассортимента синтезировала компания «Термо дайнемикс», на заводах которой кварц выращивали в 200-литровых автоклавах. В 1955 г. эксперименты по синтезу кварца начала японская фирма «Тойоком». Через 5 лет здесь был сконструирован автоклав емкостью 500 л, а еще через несколько лет объем автоклавов увеличился втрое. В городах Фукусима и Сагами были построены крупные заводы, оборудованные серийными автоклавами. В 1975 г. фирма «Тойоком» организовала в ФРГ японо-германское коммерческое предприятие по производству синтетического кварца.

Таким образом, дела у зарубежных исследователей и промышленников обстояли хорошо. А у нас?

После разработки во ВНИИПе лабораторного процесса синтеза кварца можно было организовать опытно-промышленное производство, но задерживало отсутствие емких сосудов. И тогда было принято сме-

лое решение: в качестве автоклавов использовать колонны аммиачного синтеза объемом в несколько кубометров. Именно в них впервые получили сравнительно крупные партии кристаллов кварца. В 1958 г. вступили в строй промышленные автоклавы емкостью 4 тыс. л, способные выдерживать рабочую температуру до 673 К. Они были созданы во ВНИИПе, который в 1963 г. преобразовали во Всесоюзный научно-исследовательский институт синтеза минерального сырья (ВНИИСИМС). Под этим названием он и ныне существует в г. Александрове (Владимирская обл.).

Параллельно с получением бесцветных кристаллов предпринимались попытки синтезировать кварц с аметистовой окраской.

К началу 50-х годов уже знали, что в природных условиях кристаллы аметиста формируются при повышенной концентрации железа. К тому же с аметистом почти всегда соседствуют железистые минералы — гематит, гетит, лимонит. Возникло предположение о связи аметистовой окраски с примесью железа в кварце (эта примесь не превышает 0,015 %). Однако физически обоснованных доказательств такой связи не было. Нагревание кристаллов аметиста до температуры 673 К приводило к полному обесцвечиванию (т. е. аметист превращался в обычный кварц). Правда, дальнейшая обработка обесцвеченных кристаллов ионизирующим облучением восстанавливала густую фиолетовую окраску.

Впервые кристаллы кварца с аметистовой окраской были выращены из раствора карбоната калия в 1959 г.² Впрочем, когда их извлекли из автоклава, они были окрашены в зеленый и красновато-бурый цвета. (Такую окраску обусловила коллоидная примесь, содержащая ионы железа в двух- и трехвалентном состоянии.) А отдельные части кристаллов оказались почти бесцветными или окрашенными в желтоватый цвет ионами трехвалентного железа. Именно они после гамма-облучения давали фиолетовый цвет.

² Циннобер Л. И., Ченцова Л. Г. // Кристаллография. 1959. Т. 4. С. 633—635.

Природные кварцевые друзы и аметистовая щетка, выращенная на кварцевом песчанике.



Аметистовые бусы и перстень на друзе природного аметиста.

жи, А. А. Штернберг и Л. И. Цинобер получили за это Ленинскую премию.

Современные автоклавы, в которых синтезируют эти кристаллы, представляют собой гигантские цилиндрические сосуды объемом до 12 тыс. л, в которых достигают температур до 693 К и давлений до 280 МПа. Масса полученных кристаллов измеряется десятками килограммов.

В 70-х годах в нашем институте развернулись интенсивные работы по синтезу окрашенных кристаллов кварца и изучению природы окраски. Были выращены аметист, дымчатый

кварц, морион, цитрин, не уступающие по качеству и устойчивости окраски лучшим природным образцам. Удалось получить и зеленые, медово-желтые, коричневые, оранжевые и голубые кристаллы кварца, не имеющие природных аналогов.

В 1979 г. сотрудники ВНИИСИМСа Л. И. Цинобер, В. Е. Хаджи, Ю. А. Белякова, В. С. Балицкий, М. И. Самойлович, Л. Н. Романов и др. были удостоены Государственной премии СССР за разработку и промышленное освоение методов синтеза и облагораживание кам-

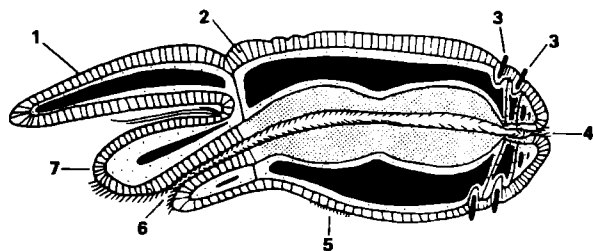
Синтетический аметист, впервые полученный во ВНИИСИМСе, практически неотличим от природных кристаллов. В нем можно наблюдать явление аномального плеохроизма и даже «александритовый» эффект — при свете солнца аметист бывает лавандово-синим, а при искусственном освещении приобретает красноватый оттенок. В синтетическом аметисте широко распространены двойники, характерные и для природных кристаллов. Это придает их окраске естественную пестроту. Ограниченные вставки из искусственного аметиста обладают повышенной термической и световой устойчивостью (как известно, природный аметист при длительном хранении выцветает). Синтетические аметисты ВНИИСИМСа поставляются во многие страны мира и, по отзывам ювелиров, не имеют конкурентов.

Кишечники у бескишечных животных

К. Н. Несис,
доктор биологических наук
Москва

3А ПОСЛЕДНИЕ десятилетия в морях и океанах открыто немало высокоорганизованных животных, полностью лишенных пищеварительного тракта. Среди наиболее интересных — вестиментиферы¹. Их выделяют в самостоятельный вид царства животных, близких к типу погонофор, тоже лишенных рта и кишечника. Вестиментиферы — крупные червеобразные животные, обитающие в трубках. Длина их тела достигает 1,5 м при толщине до 4 см, длина трубки — до 3 м. Живут они на дне вблизи гидротермальных излияний и холодных высачиваний, где из трещин выходят воды, обогащенные сероводородом или метаном. Передняя часть тела вестиментифер — это плюмаж из множества щупалец, ярко-красных от просвечивающих кровеносных сосудов (кровь вестиментифер содержит гемоглобин), а основную часть тела (до 80 % длины) занимает питательный отдел, или трофосома. Это гигантская железа из множества трубочек, оплетенных кровеносными сосудами и целиком заполненных симбиотическими бактериями, которые окисляют сероводород или метан и выделяют прямо в кровь животного-хозяина растворенные органические вещества.

До последнего времени было неясно, откуда молодые вестиментиферы получают запас бактерий и что происходит с вестиментиферами, когда активность гидротермального источника иссякает. Век излияния недолог — десятки лет; потом они прекращают свое существование, но неподалеку, в нескольких или десятках кило-



Продольный разрез молодой вестиментиферы на стадии двух развитых щупалец: 1 — щупальце, 2 — эпидермис, 3 — щетинки, 4 — анус, 5 — брюшная ресничная полоска, 6 — рот, 7 — головной вырост.

метров, возникают новые. Никто не видел, как размножаются вестиментиферы; известны были лишь молодые особи, прикрепляющиеся к трубкам взрослых. Недавно знаток погонофор Е. Саусуорд из Плимутской морской биологической лаборатории (Англия) и первооткрыватель вестиментифер М. Джоунс из Американского музея естественной истории в Вашингтоне, работавший совместно с С. Гардинером из колледжа Брин Мор (Пенсильвания, США), одновременно и независимо обнаружили, что на ранних стадиях развития у вестиментифер есть нормально функционирующий пищеварительный тракт со ртом, кишкой и анальным отверстием².

Исследователи изучили собранные манипуляторами подводных аппаратов «Алвин» и «Пайсис» пробы из нескольких термальных излияний, расположенных в восточной части Тихого океана от экватора (у Галапагосских о-вов) до 48° с. ш. (западнее берегов Канады) на

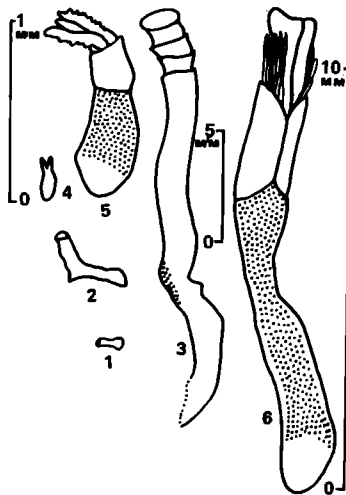
глубинах 1542—2618 м. В пробах обнаружены вестиментиферы (в основном *Ridgeia* spp., *Oasisia alvinae* и *Riftia pachyptila*) всех стадий развития — от только что осевших крохотных (длиной 0,15 мм) до вполне сформированных молодых животных длиной 1—1,5 см. Удалось проследить процесс формирования трубки: самая маленькая трубка длиной 2 мм имеет вид колбы, а при длине 12 мм на переднем крае трубки начинают образовываться характерные отвороты-воротнички.

Даже самая крохотная вестиментифера имеет тончайшую прозрачную трубочку, пару бугорков — зачаток первых щупалец, рот, кишечник, и — это самое интересное — покрытый ресничками головной вырост и полоску ресничек на брюшной стороне позади рта. Такие особенности характерны и для пелагической личинки трохофоры, которая свойственна многощетинковым червям, некоторым моллюскам и другим животным. Совсем недавно К. Кэри, Х. Фельбек и Н. Холланд из Scripps Institution of Oceanography (Ла-Холья, Калифорния, США) наблюдали нерест рифтии в аквариуме и обнаружили, что яйца у нее мелкие (0,1 мм), но богатые желтком,

© Несис К. Н. Кишечники у бескишечных животных.

¹ Несис К. Н. Вестиментиферы // Природа. 1984. № 4. С. 87—89.

² Southward E. C. // J. mar. biol. Assoc. U. K., 1988. Vol. 68. № 3. P. 465—487; Jones M. L., Gardiner S. L. // Proc. Biol. Soc. Washington, 1988. Vol. 101. № 2. P. 423—433.



1, 2, 3 — стадии роста трубки вестиментиферы; 4, 5, 6 — молодые вестиментиферы [вид со спины и сбоку; заштрихована трофосома].

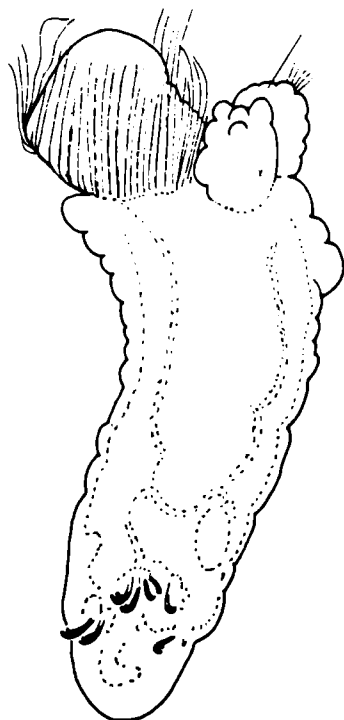
они легче воды и медленно (2 см/мин) всплывают³. Очевидно, яйца и пелагические личинки вестиментифер могут дрейфовать с глубинными течениями. Трубки взрослых вестиментифер, конечно, самое надежное место для оседания личинки, но если гидротермальный источник начинает иссякать и поселения взрослых животных погибают, личинка имеет шанс отдрейфовать и, может быть, найти новое место для поселения. Ведь горячая вода из гидротермального источника поднимается вверх, а на смену ей параллельно дну движется холодная; она-то и может переносить личинок.

При длине 0,25—0,3 мм молодая вестиментифера уже имеет пару хорошо развитых щупалец; при длине 1,2—1,8 мм щупалец уже десяток-полтора, а при 2,5 мм — сотня. Достигнув 5—6 мм, она может втягиваться в трубку и замыкать отверстие крышечкой — obturaculum. Рот молодых животных ведет в выстланную эпителием воронку-глотку; за ней следует ресничный проток —

пищевод, проходящий сквозь мозг, далее — средняя кишка, объемистая задняя кишка и анальное отверстие. Именно участок средней кишки становится трофосомой. Она заметна только у особей крупнее 0,5 мм. После этого пищеварительная система становится ненужной. Постепенно средняя кишка отделяется от задней, которая редуцируется и исчезает вместе с анусом. Еще позже теряется связь между трофосомой и пищеводом, но следы рта заметны еще при длине тела 15 мм, а остатки пищевода сохраняются и у взрослых особей в виде тонкого, лишенного просвета тяжа ткани, проходящей сквозь мозг. Естественно, опознать в этом остатке именно пищевод можно было лишь после исследования молоди с функционирующим пищеводом.

Теперь ясно, откуда появляются заполняющие трофосому бактерии: молодая вестиментифера сначала просто отфильтровывает их из воды с помощью ресничек на головном выросте, в глотке и пищеводе. Это — свободноживущие бактерии, которые кишмя кишат у выхода гидротермальных источников и делают вытекающую из них воду полупрозрачной и опалесцирующей. Попавших в среднюю кишку бактерий заглатывают фагоциты, но не переваривают их, а переносят в складки эпителия в кишке. Там фагоциты превращаются в клетки-хранители бактерий — бактериоциты, а ставшие симбионтами бактерии начинают размножаться и снабжать животное питательным раствором. Рот и кишечник функционируют довольно долго после начала размножения бактерий, по крайней мере до стадии сотни щупалец, так что у вестиментифер есть время «разобраться» — из множества разнообразных свободноживущих бактерий останутся именно те, которые способны к симбиотическому существованию. Щупальца же начнут функционировать позже, их главная роль — снабжение уже размножившихся бактерий кислородом и растворенными в воде газами через кровь. До этого кислород и сероводород (или метан) поступают через рот.

Личинка и ранняя молодь



Только что осевшая на дно молодая вестиментифера (вид сбоку). Хорошо заметны головной вырост с султаном ресничек, зачатки двух первых щупалец, щетинки на заднем конце тела; пунктиром обозначен изогнутый петлей кишечник.

вестиментифер похожи на аналогичные стадии погонофор, с той лишь разницей, что у погонофор, по крайней мере уже изученных, кишечник только закладывается, но его развитие останавливается на ранней стадии, и вскоре он рассасывается, так и не начав функционировать. Личинка вестиментифер, как сказано, напоминает и личинку многощетинковых червей. Считать ли вестиментифер и погонофор двумя подклассами одного класса, входящего в тип кольчатых червей (как полагает Сауссюрд), или разными классами типа брахиат, или по-прежнему самостоятельными типами, хоть и близкими к кольчатым червям (по мнению Джоунса), — могут решить только дальнейшие исследования вестиментифер, в первую очередь их эмбрионального развития, пока совершенно не изученного.

³ Cary S. C., Felbeck H., Holland N. D. // Mar. Ecol. Progress Series. 1989. Vol. 52. № 1. P. 89—94.

Ходулочник в антропогенном ландшафте

В. А. Миноранский,
доктор сельскохозяйственных наук
Ростовский государственный университет

А. В. Добринов
г. Азов



ХОЗЯЙСТВЕННАЯ деятельность редко благоприятствует жизни диких животных, в том числе птиц, — они перестают гнездиться, их численность снижается. К таким птицам относятся почти все виды куликов, за исключением чибиса, травника, луговой тиркушки и некоторых других. Мы расскажем об одном из куликов — ходулочнике (*Himantopus himantopus*). Считается, что численность его сокращается, поэтому

вид внесен в Красные книги СССР и РСФСР. Но, по нашим наблюдениям, он успешно осваивает антропогенный ландшафт и нередко гнездится рядом с человеком.

Этот кулик обитает на всех континентах (кроме Антарктиды), но предпочитает теплые края — тропики и субтропики, в СССР гнездится на юге Украины, Северном Кавказе, Нижнем Поволжье, в Средней Азии, Казахстане и на оз. Ханка. Держится обычно по озерам и лиманам с топкими берегами. В «Красной книге РСФСР» от-

мечается, что освоение степных районов под пахоту и выпас скота, усиление фактора беспокойства вызывают снижение численности ходулочника. Всегда ли это так?

На нижнем Дону, в Калмыкии, Предкавказье этот кулик гнездится, как правило, небольшими колониями от 2—5 до нескольких десятков пар, устраивая гнезда на кочках мелководных водоемов или в редкой низкорослой растительности, покрывающей плоские отмели и небольшие низкие острова. Некоторые исследователи считают,



что жизнь ходулочника связана с солеными водоемами и галофильной растительностью, но, на наш взгляд, он нетребователен к солевому режиму и потому может гнездиться как по соленым, так и по пресным водоемам, причем не только с чистой водой, но и загрязненной промышленными, бытовыми или сельскохозяйственными отходами. Главное, чтобы было достаточно корма — личинок стрекоз, водяных жуков и клопов, низших ракообразных и других мелких организмов. Ходулочник часто живет по соседству с разными птицами (степной туркушкой, травником, чибисом, шилокловкой, морским зуйком, серебристой или речной чайкой и другими), а на оз. Маныч-Гудило терпит к посещению гнездовых участков сайгаками, овцами.

Подтвердим столь неординарный вывод наблюдениями, которые мы проводили в дельте Дона в районе г. Азова. В начале века ходулочник встречался в небольшом количестве в гирлах Дона, в 40-х годах — только на лиманах оз. Маныч. После строительства Цимлянского водохранилища прекратились регулярные паводки в пойме и дельте Дона, затруднявшие гнездование ряда водоплавающих и околоводных птиц, в том числе и ходулочника, на большой территории относительно стабилизировался водный режим, развилось земледелие, рыбководство, были построены очистные сооружения, животноводческие фермы, водоемы. С середины 70-х годов ходулочник начал заселять низовья Дона: небольшие стаи из 4—7 птиц регулярно прилетали на кормежку в рыбководное хозяйство «Взморье» и на берега Дона. Гнездиться он начал с 1982 г., через 2 года после того, как на западной окраине Азова в канализационной трассе образовалась течь и прилегающий участок луга (более 300×50 м) оказался затопленным. В некоторых местах вода не замерзала даже при -10°C , и зиму 1981—1982 г. там провели около 180 особей водоплавающих птиц: кряквы, чирок-трескунок,

Брачные игры.

Здесь и далее фото авторов.



В гнезде.

шилохвость, широконоска. Ходулочник появился весной 1982 г. и начал брачные игры.

Создавшиеся условия оказались благоприятными для гнездования — крошечные островки, отмели среди плесов были окружены рогозом, осокой, в изобилии встречался корм. Хотя затопленный луг находился в 250—300 м от жилых домов, постоянно действовал фактор беспокойства (пасли скот, косили сено, взад-вперед сновали лодки рыболовов), кулики образовали гнездовую колонию из 10—13 пар. В следующем году колония увеличилась до 37 пар, помимо ходулочника стали гнездиться погоньш, коростель, курочка-камышница, травник, периодически прилетали на кормежку многочисленные (до 100 и более особей) стаи караваек, малая и большая белые, рыжая цапли, краквы, чирок-трескунок, широконоска, различные кулики.

После ремонта канализационной трассы в 1984 г. луг к лету высох, а начавшиеся гнездиться весной около 10 пар ходулочника покинули эти места, лишь в трех гнездах появились птенцы.

В 1985 г. на сухом лугу и по соседству с ним началось сооружение отстойника Азовского комплекса по производству детского питания. 8—10 ходулочников лишь прилетали летом покормиться на небольшие соседние участки, еще покрытые водой. Ни в том, ни в следующем году этот кулик не гнездился.

Зима и весна 1987 г. были обильны осадками. В котловане, на прилежащей низине скопилось много талой воды, и ходулочники облюбовали возвышающиеся земляные кочки: в 30—50 м друг от друга построили 11 гнезд, выставив их прошлогодними стеблями кермека, подорожника и других трав. Здесь были целые заросли тростника, рогоза, других растений, в период насиживания кладок и появления птенцов хорошо скрывавших птиц. Заметим, что в естественных биотопах ходулочник обычно устраивает гнезда среди низкорослой и редкой растительности.

Из-за сильного ливня с градом, прошедшего 24 июня, и шквального ветра часть гнезд оказалась под водой, уцелело только четыре. Новых кулики не построили. Через несколько дней вывелись птенцы, двух —

из одного гнезда — мы нашли рядом в густой траве. Родители, как могли, попытались спасти потомство: самка отвлекала нас, имитируя подранка — беспрерывно приседала, волочила якобы раненое крыло, а самец в пике атаковал нас.

В начале июля птенцы покинули все гнезда. Одного мы обнаружили в 6 м от гнезда — он легко передвигался в густой траве и очень хорошо плавал, на крыльях (длиной 63,4 мм) появились пеньки будущих маховых перьев. Дальше мы наблюдали за птенцами в подозрительную трубу — в подросшей траве трудно отыскать птенцов, да и мы опасались, что потревоженных пуховичков заклюют вороны. Через несколько дней мы увидели 8 молодых куликов рядом со взрослой птицей, еще три взрослых кулика неподалеку отгоняли стаю домашних гусей. Ходулочники не были одиноки: в конце июля — начале августа на территории колонии постоянно кормились большая, малая белые и рыжая цапли, чирок-трескунок, краквы, широконоска, чибис.

В последние десятилетия Нижний Дон и Северный Кавказ стали рисосеющими районами, рисовые поля появились в плав-



Гнездо надежно скрыто в высокой траве.

нях Кубани, в пойме Дона, вдоль р. Западный Маныч, в Сарпинской низменности, на солончаках Дагестана. Обилие растительности и различных беспозвоночных в чеках и каналах привлекли многих водоплавающих и околоводных птиц, в том числе и ходулочника¹. Теперь он весной и летом постоянно встречается на многих рисовых полях Ростовской области и Калмыкии, в небольшом количестве — на Кубани.

Среди чехов ходулочник не только кормится, но и гнездится, если они плохо спланированы, а культура земледелия низка. На таких чехах ходулочник откладывает яйца повторно, если первая кладка погибла из-за колебания уровня воды — нелетающих птенцов мы видели в первой декаде августа.

Эта удивительная по жизнестойкости и приспособляемости к антропогенному ландшафту птица встречается даже на водоемах очистных сооружений, отдыхает там, кормится, а иног-



Научился плавать.

да и гнездится. М. Х. Емтыль нашел колонию на грязевых отмелях очистных сооружений Усть-Лабинского сахарозавода в Краснодарском крае². Мы ежегодно встречали кормящегося ходулочника на территории очистных сооружений г. Азова.

На обширных площадях в дельте и пойме Нижнего Дона появилось много рыбоводных прудов. Их не преминул заселить ходулочник, поскольку на заиленных мелководных участках, небольших островках, вдоль низких пологих берегов нашел обильный корм. В двух рыбных хозяйствах в дельте Дона начал гнездиться. Так же и в Сырдарьинской области, Средней Азии: когда спускают воду из прудов, образуются небольшие участки с илистым дном, и ходулочник строит гнезда³. Мало всего этого, на западной окраине Азова ходулочника можно увидеть на периодически заливае-

мых дождями огородах в 40—50 м от работающих там людей, небольшие (5—8 особей) стайки кормятся вместе с домашними утками, гусями.

Итак, при наличии корма и необходимых условий для гнездования ходулочник достаточно быстро заселяет новые искусственные биотопы, приспосабливается к меняющимся условиям, может гнездиться по соседству с людьми и постройками, несмотря на фактор беспокойства. Его численность колеблется в зависимости от обводненности водоемов и величины территории, пригодной для гнездования. Это способствует поддержанию, а в некоторых районах и увеличению численности куликов, несмотря на значительную здесь, как, впрочем, и в естественных биотопах, гибель гнезд, молодняка. В настоящее время ходулочник нередок на Нижнем Дону, в долинах Западного и Восточного Маныча, некоторых других районах, однако, поскольку его ареал в нашей стране не столь уж обширен, а места гнездования разобщены, он по-прежнему нуждается в строгой охране.

² Емтыль М. Х. К гнездованию ходулочника в Юго-Западном Предкавказье. Новое в изучении биологии и распространении куликов. М., 1980.

³ Сагитов А. К., Фундукчиев С. Э. // Вестник зоологии. 1983. № 3. С. 43—46.

¹ Миноранский В. А. Орошение и фауна. Ростов-на-Дону, 1987.

Редкие кузнечики

Ф. А. Ширинова,
кандидат биологических наук
Н. Э. Новрузов
Институт зоологии АН АзССР
Баку

В КРАСНЫЕ КНИГИ попадает все больше и больше видов, редкими становятся даже многие насекомые, еще недавно поражавшие своей численностью. Попали в число охраняемых и два вида настоящих кузнечиков — единственные представители рода *Saga*, обитающие на территории СССР. Это дыбка степная (*Saga pedo*) и седлоносная (*S. ephippigera*), численность которых повсеместно сокращается.

Если ареал дыбки степной довольно широк — юг Европы (включая Пиренейский, Апеннинский, Балканский полуострова, Крым, Кавказ), а также Северный Казахстан, Средняя Азия и прилегающие районы Сибири, то седлоносная обитает только от Западного Средиземноморья до Закавказья и Северного Ирана, причем в Закавказье распространена основной подвид — *S. ephippigera*. В Азербайджане эту дыбку встречали до 40-х годов в низменной части Талыша, но уже в 60-х обнаружить ее здесь не удалось. Удивительного в этом ничего нет, ведь на целинных талышских землях интенсивно развивалось сельское хозяйство. В июле 1986 г. мы, проводя работы по выявлению и определению гельминтов, паразитирующих в организме насекомых из отряда прямокрылых, обнаружили в Мильской степи Ленкоранского района 6 особей седлоносной дыбки: четырех самок и двух самцов (заметим, что это были первые самцы из когда-либо обнаруженных в Азербайджане дыбок). Кроме того, судя по устным сообщениям, она нередко встречается в Джебраильском и Куба-Хачмасском районах. Видимо, этими тремя районами и ограничивается сейчас



Самка (вверху) и самец дыбки седлоносной.

Фото Н. Э. Новрузова.



Яйца, извлеченные из брюшка дыбки седлоносной.

ареал седлоносной дыбки в нашей республике.

Что же представляют из себя дыбки? Среди настоящих кузнечиков отечественной энтомофауны они одни из самых крупных. Обе дыбки внешне по-

хожи: стройное вытянутое тело, сильно скошенный лоб, длинные конечности с бедрами, усуженными шипами. Бедра задних конечностей не отличаются той мощностью, которая свойственна прыгающим кузнечикам, передвигаются дыбки медленным размеренным шагом.

Мы изучали дыбку седлоносную, о ней в основном и поведем рассказ. Ее окраска — от зеленой до серовато-оливковой, по всему телу разбросаны черные или темно-бурые пятна. Длина самок 85—89 мм, самок — 112—137 (вместе с саблевидным яйцекладом). Самки бескрылы, у самцов надкрылья едва видны из-под переднеспинки, имеющей вид седла (это характерный внешний признак, давший название виду). У самцов задний край седла резко приподнят, у самок только слегка отогнут.

Наша дыбка — типичная хищница, по манере охотиться она скорее напоминает богомола, нежели кузнечика: часами сидит неподвижно в траве или на кусте в ожидании жертвы. Когда желанная добыча появляется, дыбка в резком прыжке бросается на нее, цепляется мертвой хваткой и, прижав к груди, перегрызает ей горло — нервные узлы вмиг разрушены, и жертва неподвижна. Начав с головы, дыбка поглощает добычу за 1—1,5 ч почти без остатка. За день она может расправиться с 10 кобылками. Диета дыбки седлоносной только мясная: кроме саранчовых она охотится на разных бабочек и их гусениц, жуков, сверчков, клопов; растительную пищу никогда не употребляет, в питье не нуждается.

Дыбка очень храброе существо, ей почти неведом страх даже перед человеком — стоит протянуть к ней руку, и она бросается с угрожающим видом,



Дыбка степная.

а если замешкаешься, прокусит кожу крепкими челюстями.

Брачный сезон у седлоносной дыбки наступает в июне. В это время самец тихими шелестящими трелями часами привлекает самку, а дождавшись, осторожно трогает ее длинными усиками, не переставая стрекотать. Если самка принимает ухаживание, насекомые спариваются, после чего из полового отверстия самца выходит сперматофор (капсула, наполненная сперматозоидами), соединенный со сперматофилаксом — липкой студенистой массой, за счет которой капсула подвешивается к концу брюшка самки. Через 2—3 ч она заглатывает сперматофор и сперматозоиды оплодотворяют яйца.

Оплодотворенные сигаровидные яйца, видимо, созревают порциями по 18—21 штуке: у вскрытых самок яйца различались и размером (3—13 мм), и окраской (от черной до светло-оранжевой). Такими же порциями самка и откладывает яйца в почву, причем располага-

ет их на разной глубине. Прежде чем отложить их, она вечером или ночью ощупывает почву усиками и, найдя подходящее сухое место, вбуравливает яйцеклад. Зимуют ли яйца, или они до холодов успевают развиться в одну из личиночных стадий и лишь весной превращаются во взрослых дыбок — пока неизвестно.

Как сохранить седлоносную дыбку, которой осталось так немного и на столь небольших территориях? Способ фактически один — охранять в местах, где она еще встречается, т. е. создать микрозаповедники. Можно бы и увеличить ее численность в заповедниках, например в Кызыл-Агачском. Для этого нужно научиться разводить дыбку в лабораторных условиях, но пока мы этого не умеем.

Другой вид рода *Saga* — дыбка степная. Ее главное внешнее отличие — прямая, а не седловидная форма переднеспинки и две светлые полосы по ее нижнему краю и по бокам брюшка. Коренным образом дыбка степная отличается другим — отсутствием самцов, а по-

тому только партеногенетическим способом размножения. Все остальное — манера охотиться из засады, порционное откладывание яиц (по 7 штук) в течение всего лета — одинаково у того и другого вида.

Судьбу дыбки степной вряд ли можно считать благополучной, хотя ее ареал и обширен. От целинной степи — исконного места ее обитания — остались жалкие клочки, да и на них процветанию популяций мешает выпас скота и сенокосение, гибнут дыбки и от инсектицидов, попадающих с сельскохозяйственных полей. В юго-восточной части ареала из-за наступления пустынь исчезает степная флора, а с ней и дыбка.

Дыбка степная включена в Красные книги УССР, РСФСР, СССР, но нигде специально не охраняется, мало того, не выявлены даже все места, где ее можно найти. Поэтому сейчас рано говорить даже о создании микрозаповедников. Правда, сохранность вида в природе могут обеспечить европейские страны, на чьей территории дыбка встречается и, к счастью, охраняется.

В.Г. Ильин
Ю.П. Илясов
А.Д. Кузьмин

Пульсары — независимые стандарты времени



Владимир Григорьевич Ильин, кандидат технических наук, заместитель председателя Государственной комиссии единого времени и эталонных частот СССР. Научные интересы связаны с созданием и исследованием систем точного времени. Участвовал в создании первого государственного эталона времени и частоты на базе квантовых стандартов. Лауреат Государственной премии СССР.

Юрий Петрович Илясов, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. Специалист по радиотелескопам. Область научной деятельности — разработка радиоастрономических систем, исследование стабильности вращения пульсаров и построение пульсарной шкалы времени.

Аркадий Дмитриевич Кузьмин, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник того же института. Основные научные результаты относятся к радиоастрономическим исследованиям планет и пульсаров, технике и методике радиоастрономии. Автор ряда монографий.

В ОТЛИЧИЕ от таких физических величин, как длина или масса, время невозможно хранить. Оно течет непрерывно, и нельзя вернуться к интервалу между двумя событиями, чтобы повторить его измерение. Вместе с тем время — основная независимая переменная в большинстве уравнений физики, а единица времени — секунда — входит в число основных во всех системах единиц, так что ее воспроизведение является фундаментальной задачей метрологии.

Огромен диапазон отрезков времени, длительность которых приходится измерять, — от миллиардных долей секунды (наносекунд) в технике оптических квантовых генераторов до миллиардов лет в астрономии и геологии. Навигация и геодезия, связь и транспорт, космические исследования и геофизика, многие другие области науки и техники нуждаются в высокоточных методах измерения времени.

Суть измерения времени, как и любого другого вида измерений, состоит в сравнении неизвестной величины (интервала времени) с известной, принятой за эталон. Уже поэтому необходимо единая эталонная шкала времени, которая могла бы служить основой для измерения различных интервалов.

Применительно к измерению времени эталонная шкала важна и в силу другого обстоятельства. Отсчет времени ведется от условно выбранного начала. Интересующий нас текущий момент времени отделен от условного начала некоторым количеством накопившихся последовательных единичных интервалов (например, секунд). Именно это количество и определяет текущий момент. Чем точнее необходимо знать текущий момент времени, тем точнее должны быть единичные интервалы и тем точнее должна фиксироваться граница каждого интервала.

Но любая шкала времени (последовательность единичных интервалов, отсчитываемых от условного начала) постепенно

накапливает погрешность. По этой причине, как бы ни были точны различные часы, их показания расходятся тем больше, чем дольше они работают автономно. Следовательно, необходима служба точного времени, которая должна обеспечивать периодическую проверку даже самых точных часов по государственному эталону.

Возможность определять расстояния через интервалы времени и скорость света привела к резкому повышению требований к точности измерений времени — сегодня единичные интервалы в эталонных шкалах времени должны воспроизводиться с относительной погрешностью 10^{-14} — 10^{-15} . Поэтому непрерывно ведутся поиски таких фундаментальных принципов построения эталонов, которые бы обеспечили наибольшую стабильность и равномерность шкалы времени.

ШКАЛЫ ВРЕМЕНИ

Системы счета времени различаются тем, какая шкала его измерения принята за их основу. На практике для определения интервалов времени используют различные периодические природные процессы. Поэтому эталоны, воспроизводящие единицу времени, обычно являются эталонами времени и частоты.

Первыми известными человечеству периодическими процессами¹ были астрономические явления — смена дня и ночи или времен года. На их основе созданы астрономические шкалы времени: шкала всемирного времени УТ, использующая периодичность вращения Земли вокруг своей оси, и шкала эфемеридного времени ЕТ, использующая периодичность обращения Земли вокруг Солнца.

Астрономические шкалы времени по самой своей природе долговечны, воспроизводимы, глобальны (едины для независимых наблюдателей в разных точках Земли) и обеспечивают хранение как интервалов, так и моментов времени¹. С их помощью можно восстановить даты давно прошедших событий, связанных с определенными астрономическими явлениями, например солнечными затмениями. Наконец, эти шкалы непосредственно связаны с ритмами жизне-

деятельности человека. Однако точность астрономических шкал недостаточно высока. Скажем, в августе Земля вращается вокруг своей оси быстрее, а в марте медленнее, так что разница в продолжительности суток составляет около 1 мс. К тому же вследствие векового замедления вращения Земли длина суток увеличивается в среднем на 1,4 мс за 100 лет. Поэтому из-за сезонных вариаций скорости вращения Земли вокруг оси и ее векового замедления шкала всемирного времени неравномерна. Моменты времени в этой шкале определяются с точностью 2—4 мс.

Более равномерна шкала эфемеридного времени. Однако при использовании такого эталона, как период обращения Земли по орбите, трудно точно фиксировать границы временных интервалов — ошибки в определении моментов времени по этой шкале составляют десятые доли секунды. К тому же эфемеридное время определяется только по результатам проведенных наблюдений, а *posteriori*. Относительная погрешность его измерения — порядка 10^{-8} .

Сегодня в качестве эталонной общепринята атомная шкала времени АТ, основанная на воспроизведении частоты электромагнитного излучения, возникающего при переходах между энергетическими уровнями в атомах некоторых химических элементов. Построенные на этом принципе квантовые эталоны частоты и времени (цезиевые, водородные) лежат в основе шкал времени со стабильностью 10^{-14} — 10^{-15} .

И все же эталонные квантовые часы не обеспечивают идеальный хранения шкалы времени. На больших интервалах (месяцы, годы) наблюдается снижение стабильности этих часов. Оно вызвано тем, что в процессе работы изменяются характеристики материалов, схем и конструкций эталонов, а это неизбежно влияет на точность воспроизведения частоты энергетического перехода и приводит к случайному блужданию фазы сигнала. Другой принципиальный недостаток квантовых эталонов состоит в том, что хранимые национальными стандартами атомные шкалы по своей природе локальны.

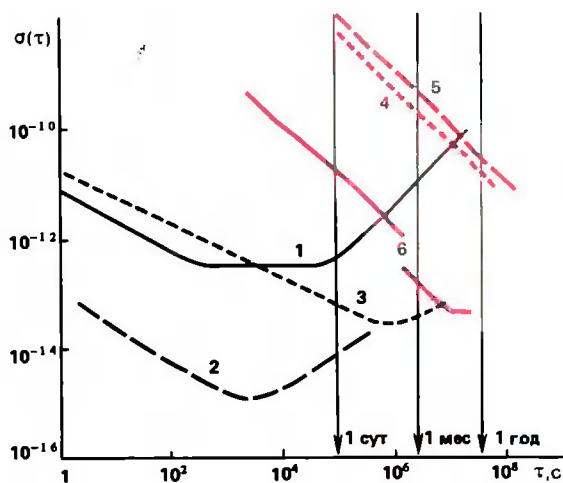
Наиболее принято долговременные характеристики стандартов времени разного типа представлять дисперсией Аллена²

$$\sigma^2(\tau) = \frac{1}{2i(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} (R_{i+2} - 2R_{i+1} + R_i)^2. \quad (1)$$

Здесь R — остаточное уклонение (разность между показаниями стандарта и зна-

¹ Когда говорят о хранении интервалов времени, имеют в виду возможность в любой момент с достаточной точностью воспроизвести стандартный интервал (к примеру, единичный). Выражение же «хранить момент» означает возможность точно определить период между этим хранимым моментом и текущим. И то, и другое требует измерения интервалов времени, но в первом случае речь идет о сравнительно коротких интервалах, тогда как во втором длительность измеряемого интервала не должна быть ограничена заранее.

² Уоллс Ф. Л., Аллен Д. У. // ТИИЭР. 1986. Т. 74. С. 182—188.



Зависимость дисперсии Аллена σ от длительности интервала измерений τ для атомных стандартов времени [1 — рубидиевого, 2 — водородного, 3 — цезиевого] и радиопульсаров [4 — PSR 0834+06; 5 — PSR 1919+21; 6 — PSR 1937+21].

чениями моментов времени, определенными по совокупности остальных стандартов), τ — временной интервал, на котором производились измерения, N — число отсчетов. Для часов, идущих без систематических погрешностей, R_i будут случайными величинами, не зависящими от интервала измерений τ , и потому дисперсия σ будет уменьшаться с увеличением τ .

Результаты измерений дисперсии Аллена (по данным Дэвиса и др.³) для разных типов атомных стандартов показывают, что σ действительно уменьшается с ростом τ , но это уменьшение продолжается лишь на ограниченных интервалах. Так, для рубидиевого стандарта увеличение интервала измерений повышает относительную точность отсчета лишь до $\tau \sim 10^2$ с. Для водородного стандарта относительная стабильность частоты растет до $\tau \sim 1$ ч. Самой высокой долговременной стабильностью обладает цезиевый стандарт (относительная точность повышается до $\tau \sim 10$ сут). На более длительных интервалах все существующие атомные стандарты времени обнаруживают увеличение дисперсии Аллена, что свидетельствует о непредсказуемых уходах, не позволяющих достичь более высокой относительной точности.

Все эти ограничения существующих шкал времени инициировали поиски новых,

сочетающих высокую точность атомной шкалы с долговечностью, воспроизводимостью и глобальностью астрономических шкал времени.

В 1979 г. советскими учеными предложена принципиально новая шкала времени, основанная на высокостабильной регулярной последовательности интервалов времени между импульсами радиоизлучения пульсаров⁴.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПУЛЬСАРОВ

Пульсары были открыты радиоастрономами в 1967 г. Высокая стабильность следования импульсов радиоизлучения, принимаемых от пульсаров, вызвана самой их природой.

По современным представлениям, пульсары — это быстровращающиеся нейтронные звезды, образовавшиеся в результате гравитационного коллапса звезд, исчерпавших термоядерное горючее. При коллапсе звезда сжимается, ее магнитное поле растет примерно до 10^{12} Гс, а скорость вращения увеличивается. Вращающееся магнитное поле индуцирует электрическое поле напряженностью порядка 10^{12} В/м. Такое сильное поле вырывает с поверхности нейтронной звезды заряженные частицы, которые ускоряются до релятивистских энергий и вытекают из магнитосферы нейтронной звезды около ее магнитных полюсов. Двигаясь в криволинейном магнитном поле, эти частицы излучают мощный поток узконаправленных радиоволн. При вращении нейтронной звезды наблюдатель принимает излучение лишь в те моменты, когда излучающая область оказывается на луче зрения, и регистрирует его в виде импульсов с периодом, равным периоду вращения звезды, подобно вспышкам вращающегося маяка.

Высокая стабильность периода вращения пульсара обусловлена тем, что нейтронная звезда при массе порядка солнечной и радиусе около 10 км имеет момент инерции порядка 10^{45} г·см² и при периоде вращения от 1,5 мс до 4,3 с — энергию вращения 10^{38} — 10^{45} Дж (энергия вращения Земли — 10^{29} Дж, Солнца — 10^{35} Дж). Вместе с тем потери энергии на излучение и ускорение частиц очень малы; замедление вра-

³ Davis M. M., Taylor J. H., Weisberg J. M., Becker D. C. // Nature. 1985. Vol. 315. P. 547—550.

⁴ Ильин В. Г., Илясов Ю. П., Иванова Ю. Д., Кузьмин А. Д., Оксентюк А. Р., Палий Г. Н., Шабанова Т. В., Шитов Ю. П. Авторское свидетельство № 915062 «Способ создания и хранения временных интервалов», // Бюлл. изобр. 1983. № 5; Ильин В. Г., Илясов Ю. П., Кузьмин А. Д. и др. // Доклады АН СССР. 1984. Т. 275. № 4. С. 835—838.

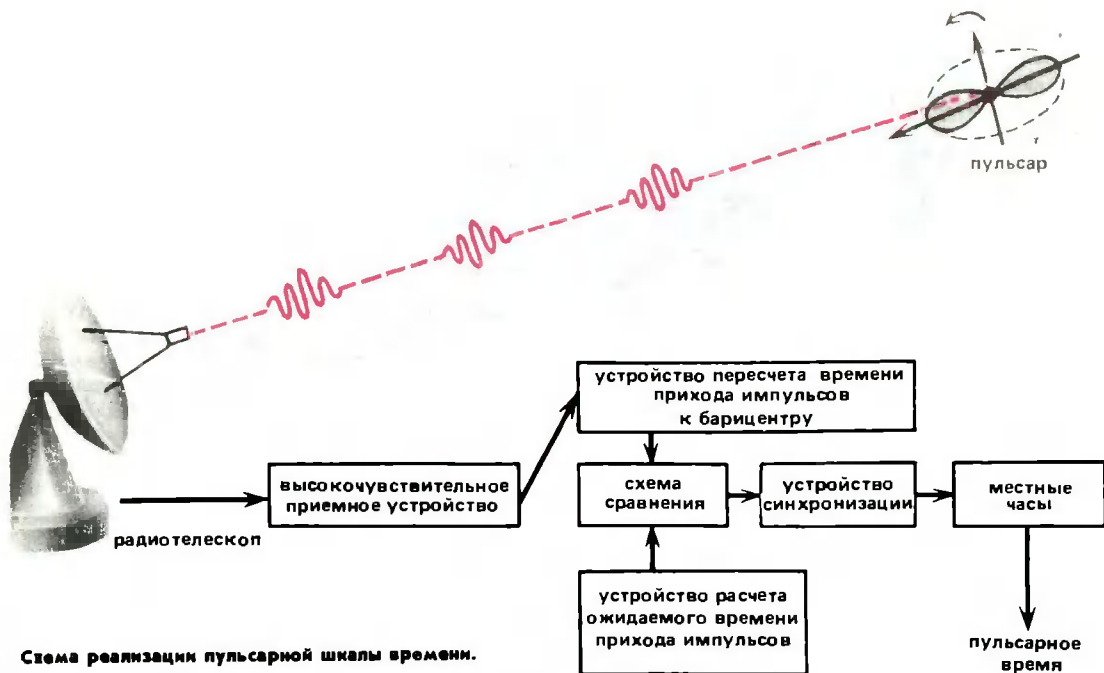


Схема реализации пульсарной шкалы времени.

щения наиболее стабильных пульсаров составляет всего 10^{-20} с/с (для сравнения, вековое замедление вращения Земли — $5 \cdot 10^{-13}$ с/с).

ПУЛЬСАРНАЯ ШКАЛА ВРЕМЕНИ

Первичным эталоном — хранителем времени в пульсарной шкале служит сам пульсар. Это определяет такую шкалу как непрерывную последовательность интервалов времени между импульсами его радиоизлучения. Эта последовательность с достаточной точностью представляется в виде

$$t_N = t_0 + P_0 N + P_0 \dot{P} N^2 / 2, \quad (2)$$

где P_0 , $\dot{P}$ — период и его производная в начальный момент времени t_0 , N — число импульсов, испущенных от этого момента.

Величины P_0 и $\dot{P}$ определяются с высокой точностью при наблюдениях на интервалах от нескольких недель (для миллисекундных пульсаров) до года (для остальных). Стабильность этих параметров — основа пульсарной шкалы, которая на долговременных интервалах может оказаться более равномерной, чем атомные шкалы.

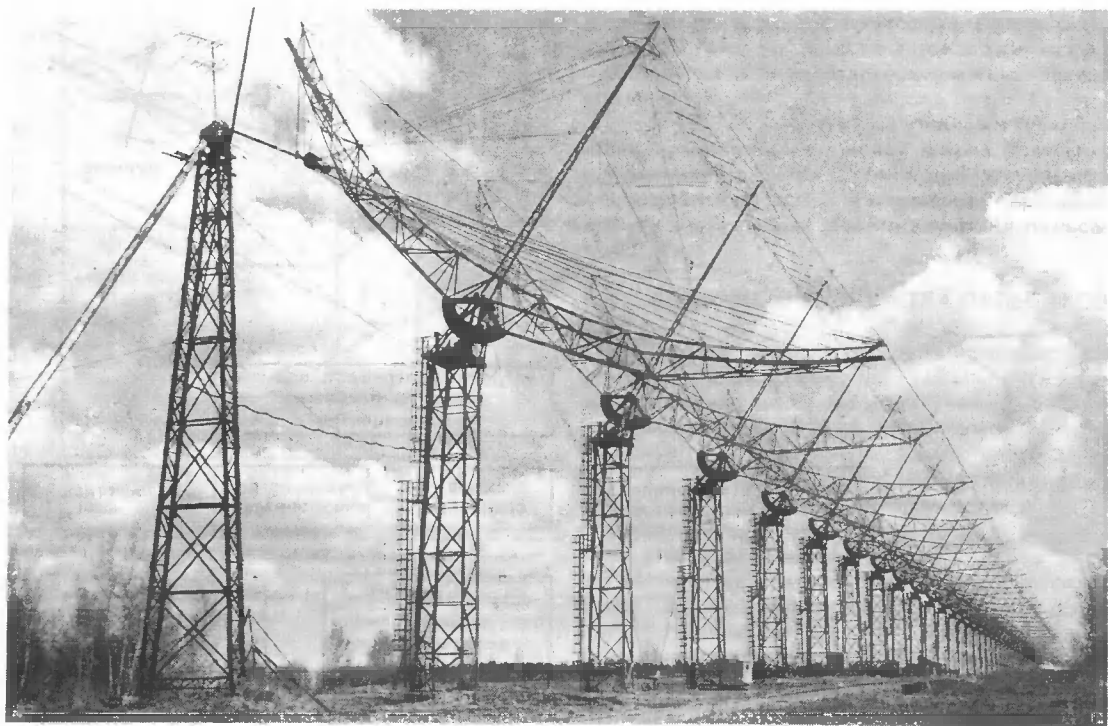
Можно сформировать групповую пульсарную шкалу времени по нескольким пуль-

сарам. Очевидно, такая шкала обладает рядом преимуществ — в частности, на ее характеристиках слабее скажется нестабильность вращения отдельных пульсаров.

Для удобства пользования пульсарной шкалой можно ввести пульсарную секунду, связанную с периодом одного из реперных пульсаров коэффициентом k : пульсарная секунда равна kP_0 . Значение k выбирается так, чтобы продолжительность пульсарной секунды была близка к атомной секунде, которая определена как 9 192 631 770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома ^{133}Cs .

Для практического отсчета времени в наблюдениях пульсаров обычно используются квантовые образцовые меры времени и частоты, с помощью которых формируется местная шкала, привязанная, как правило, к шкале эталона. Ведение пульсарной шкалы времени заключается в определении разности хода атомной и пульсарной шкал.

При ведении пульсарной шкалы необходимо учитывать, что из-за вращения Земли и ее обращения по околосолнечной орбите расстояние от пункта ведения шкалы до пульсара и, следовательно, время распространения импульса от пульсара на этой трассе изменяются. Этот эффект должен быть исключен приведением времени к не-



Радиотелескоп ДКР-1000 ФИАН, с помощью которого ведутся наблюдения за излучением пульсаров.

которой фиксированной точке инерциальной системы координат. В качестве такой точки удобно выбрать барицентр — центр масс Солнечной системы. Пересчет к барицентру выполняется по формуле:

$$t_6 = t_n + (r \cdot \vec{n})/c + \Delta t_p, \quad (3)$$

где t_n — наблюдаемое время прихода импульсов, $\vec{r}$ — вектор «барицентр — наблюдатель», $\vec{n}$ — единичный вектор в направлении «барицентр — пульсар», Δt_p — релятивистская поправка, учитывающая неравномерный ход земных часов при движении Земли по орбите вокруг Солнца в переменном гравитационном поле. Наконец, в связи с тем, что скорость распространения электромагнитных колебаний в межзвездной плазме меньше скорости света в вакууме и зависит от их частоты, импульсы радиоизлучения пульсара получают дополнительную дисперсионную задержку относительно распространения в свободном пространстве, которую также необходимо исключить.

Пульсары удалены от Земли на очень большие расстояния. Так, расстояние до ближайшего пульсара PSR 0950+08 состав-

ляет около 100 пк ($3 \cdot 10^{15}$ кл.). Поэтому интенсивность принимаемого радиоизлучения пульсаров очень мала — спектральная плотность потока излучения меньше 10^{-26} Вт·м $^{-2}$ ·Гц $^{-1}$. (Для сравнения укажем, что плотность потока излучения простейшего радиолубительского передатчика мощностью 10 Вт, установленного на Луне, была бы в миллион раз выше.) Поэтому для регистрации радиоизлучения пульсаров необходимы большие антенны и высокочувствительные приемные устройства.

ПУЛЬСАРЫ — САМЫЕ СТАБИЛЬНЫЕ ЧАСЫ

Первые регулярные наблюдения пульсаров для ведения пульсарной шкалы времени начались в 1979 г. на Радиоастрономической станции Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР в г. Пушчино⁵. Для приема излучения пульсаров использовались крупнейшие в мире радиотелескопы БСА и ДКР-1000 ФИАН.

В качестве хранителей шкалы пульсарного времени были выбраны «яркие» и наиболее стабильные из известных в то вре-

⁵ Илясов Ю. П., Кузьмин А. Д., Шабанова Т. В., Шитов Ю. П. // Труды ФИАН. 1988. Т. 199. С. 149—159.

мя пульсаров PSR 0834+06 и PSR 1919+21. Проводившиеся в течение 8 лет измерения показали, что времена прихода импульсов этих пульсаров близко совпадают с предвычисленными значениями t_n . Среднеквадратичные значения остаточных уклонений R , определяемых для пульсарной шкалы как разности измеренных времен прихода импульсов (приведенных к центру масс) с предвычисленными значениями, составляют 0,2 мс для PSR 0834+06 и 0,6 мс для PSR 1919+21 на всем интервале наблюдений. Иными словами, абсолютная ошибка (сдвиг времени прихода импульсов относительно предвычисленного времени) оставалась постоянной на протяжении 8 лет. Следовательно, относительная ошибка уменьшается с увеличением времени наблюдений. Действительно, дисперсия Аллена для пульсаров PSR 0834+06 и PSR 1919+21 монотонно уменьшается на всем интервале наблюдений.

Это обстоятельство имеет принципиальное значение и открывает возможности использования пульсарного времени для высокоточного хранения и воспроизведения единицы времени на длительных интервалах. Однако из-за больших абсолютных значений R на коротких интервалах величины σ для этих пульсаров значительно больше, чем для атомных стандартов.

Остаточные уклонения R определяются ошибками измерения временного положения импульсов δt . Эта ошибка пропорциональна длительности импульсов, которые, в свою очередь, примерно пропорциональны периоду пульсара. В 1982 г. был открыт пульсар PSR 1937+21, период которого около 1,5 мс, т. е. примерно в 1000 раз меньше, чем у вышеупомянутых⁶. Соответственно, меньше длительность импульса и ошибка в определении его временного положения. Дисперсия Аллена для этого пульсара уменьшается до τ порядка полугода, достигая 10^{-12} , и сравнивается с дисперсией лучших атомных стандартов, после чего ее прямое измерение становится невозможным. Отсутствие непредсказуемых уходов дает основание полагать, что на более длительных интервалах пульсары могут быть часами с самым точным ходом.

Таким образом, использование пульсаров в качестве хранителей времени открывает возможность создания шкал времени, более стабильных на длительных интервалах, чем существующие атомные стандарты.

Однако известно, что регулярность следования импульсов некоторых пульсаров нарушается неожиданными «скачками», после которых их период заметно изменяется. Можно ли статистически оценить регулярность вращения нейтронных звезд и определить вероятность появления таких скачков?

Одна из возможных интерпретаций этих скачков состоит в резком уменьшении момента инерции, вызванном растрескиванием коры нейтронной звезды (так называемым «звездотрясением»), когда механические напряжения в коре превышают ее предел прочности⁷.

Деформирующее напряжение Σ возникает в коре в связи с тем, что при вековом замедлении вращения жесткая кора нейтронной звезды не может «отслеживать» форму равновесного сфероида вращения.

Так как центробежная сила инерции F_c обратно пропорциональна квадрату периода вращения, а период изменяется по закону $P = P_0 + \dot{P}t$, деформирующее напряжение увеличивается со временем как

$$\Sigma(t) = \frac{dF_c(t)}{dt} t \sim \frac{\dot{P}}{P^3} t,$$

т. е. линейно растет с коэффициентом, пропорциональным отношению производной периода к его третьей степени. Следовательно, время накопления напряжения до предела прочности коры (характерное время между «скачками») пропорционально величине $P^3/\dot{P}$.

Наименьшей эта величина оказывается для пульсаров PSR 0531+21 и PSR 0833—45, у которых скачки наблюдаются довольно часто (у PSR 0833—45 с интервалами 2—3 года).

Для нейтронных звезд с большим отношением $P^3/\dot{P}$ вероятность скачков должна быть мала.

У выбранных нами для первых измерений пульсаров PSR 0834+06 и PSR 1919+21 отношение $P^3/\dot{P}$ примерно в 10^5 раз больше, чем у PSR 0833—45, т. е. ожидаемое характерное время между скачками для этих пульсаров весьма велико.

Однако для пульсара PSR 1937+21 характерное время между скачками, оцененное указанным способом, всего 15—20 лет. Поэтому на длительных интервалах времени ведение пульсарной шкалы должно производиться по нескольким пульсарам одновременно (групповая шкала).

⁶ Backer D. C., Kulkarni S. R., Heilis C., Davis M. M., Goss W. M. // Nature. 1982. Vol. 300. P. 615—618.

⁷ Кузьмин А. Д. // Физика нейтронных звезд. Л., 1988. С. 173—177.

Читатель вправе задать вопрос: ход пульсарной шкалы определяется ее сравнением с атомными; как же измерить регулярность этого хода, если она будет выше, чем у атомных шкал?

Такой вопрос возникал в метрологии каждый раз, когда создавался новый эталон, более точный, чем существующие. Решался он созданием нескольких однотипных эталонов и сравнением их между собой. Так, в частности, оценивается погрешность атомных стандартов времени и частоты. Аналогично, ведение пульсарной шкалы времени на длительных интервалах и измерение ее точности и регулярности должно производиться, как уже отмечалось, по нескольким пульсарам. Ныне известно 5 пульсаров с очень короткими периодами (миллисекунды). Их список и основные характеристики приведены в таблице.

Групповая шкала пульсарного времени дает возможность хранить не только интервалы, но и моменты времени. Это основано на том, что пульсары имеют разные и некратные периоды, поэтому совпадения импульсов от нескольких пульсаров могут служить опорными точками пульсарной шкалы. Сами эти точки можно различать на основе зависимости периода пульсаров от времени.

Пульсары могут служить стандартами времени, общими и едиными для всех наблюдателей. Это позволит сличать ход местных шкал, воспроизводить единые временные интервалы и начальные моменты в разных пунктах.

Итак, на интервалах более года пуль-

Основные характеристики миллисекундных пульсаров

Пульсар	Период P , мс	Производная периода $\dot{P}$, 10^{-20} с/с	Плотность потока радиоизлучения, 10^{-26} Вт · м $^{-2}$ Гц $^{-1}$	Ошибка измерений момента прихода импульсов δt , мкс
PSR 1620—26	11,075	—	1	—
» 1821—24	3,054	100	1,1	3
» 1855+09*	5,362	1,71	1,5	1,5
» 1937+21	1,557	10,51	18	0,3
» 1953+29*	6,133	2,95	1	7
» 1957+20	1,607	1,61	0,4	—

* Пульсар принадлежит к двойной звездной системе.

сары могут быть часами с наиболее предсказуемым ходом.

Наряду с этим пульсарная шкала времени открывает новые возможности для фундаментальных исследований.

ПУЛЬСАРНАЯ ШКАЛА И АСТРОМЕТРИЯ

При правильном определении положения центра масс Солнечной системы и эфемерид Земли моменты прихода импульсов к земному наблюдателю должны соответствовать регулярной последовательности (2). Если же в определении указанных параметров есть неучтенные факторы, соответствие нарушится и появится дополнительное, регулярно изменяющееся остаточное уклонение, обусловленное ими. Это дает возможность производить уточнение эфемерид Земли, положения центра масс Солнечной системы и, следовательно, эфемерид планет. Длительные измерения могут выявить даже неравномерности движения Солнечной системы в Галактике. Возможность определения координат наблюдателя позволит использовать пульсарную шкалу для космической навигации.

Учет сферичности фронта волны и связанного с этим дополнительного запаздывания импульсов открывает возможность, измеряя это запаздывание, определить расстояние до пульсара.*

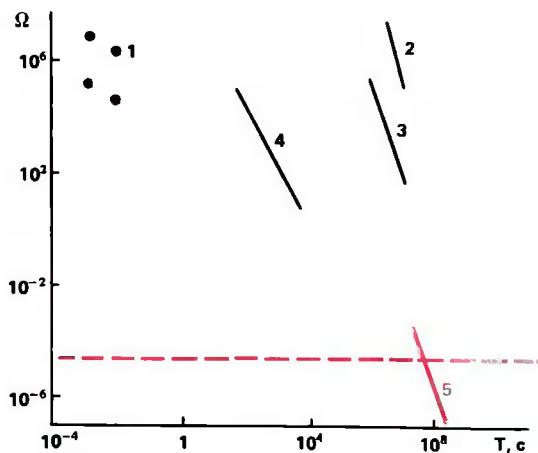
Точность такого метода определения расстояний задается точностью измерения запаздывания, и потому его применение может быть результативным лишь для миллисекундных пульсаров. Наиболее подходит для этого пульсар PSR 1855+09, имеющий небольшую эклиптическую широту ($31,8^\circ$) и находящийся сравнительно близко. Ожидаемое для него максимальное запаздывание — 3 мс, а достигнутая точность измерения времени прихода импульсов — 1,5 мкс (см. табл.).

Отметим, что сопоставление расстояний до пульсаров, определенных по запаздыванию импульсов и по измерению углового параллакса, возможно, выявит влияние кривизны пространства на распространение излучения нейтронных звезд.

ПУЛЬСАРЫ — ДЕТЕКТОРЫ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН

Как известно, космологическое расширение Вселенной после Большого взрыва

* Кузьмин А. Д. Кузьмин О. А. // Письма в «Астрон. журн.» 1988. Т. 14. С. 425—428.



Верхние пределы оценок отношения Ω плотности энергии гравитационных волн к критической плотности замкнутой Вселенной для волн с разными периодами T . Оценки получены различными способами: 1 — измерения с помощью вибраторов Вебера; 2—4 — анализ эволюции орбит соответственно Меркурия, Марса и космического аппарата «Вояджер-2»; 5 — наблюдения за изменением периода пульсара PSR 1937+21. Цветная горизонтальная линия показывает плотность энергии реликтового излучения, соответствующего температуре 2,7 К.

могло сопровождаться испусканием гравитационных волн⁹. Некоторые космологические модели предсказывают заметную плотность энергии этих волн по сравнению с критической плотностью замкнутой Вселенной или, по крайней мере, с плотностью реликтового электромагнитного излучения $P_{\gamma} = 4,8 \times 10^{-34} \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$.

Гравитационные волны изменяют метрику пространства — времени и время распространения электромагнитных волн, что должно приводить к изменению наблюдае-

мого периода пульсара. Таким образом, этот эффект может помочь обнаружить гравитационные волны¹⁰. Гравитационная волна с периодом T изменяет время прихода импульсов пульсара к наблюдателю на величину порядка $\Delta t \sim hT$, где h — безразмерная амплитуда гравитационной волны. Отсюда, измерив Δt , можно оценить плотность энергии гравитационной волны.

Однако измерения не выявили изменений Δt , превосходящих среднеквадратичный разброс остаточных уклонений¹¹. Поэтому была получена лишь верхняя оценка плотности энергии гравитационной волны, согласно которой плотность энергии долгопериодических гравитационных волн в 10^6 раз меньше критической плотности замкнутой Вселенной.

Пульсары, одни из наиболее интересных объектов Вселенной, привлекают внимание астрофизиков уже свыше 20 лет. Но только в последние годы они заинтересовали метрологов, занимающихся точным временем. Пульсарные часы идут миллионы лет независимо от процессов на Земле. Пульсарная шкала едина для всех наблюдателей, а ее стабильность основана на фундаментальных процессах. Именно эти качества — важнейшие для эталонов физических величин. Пока, разумеется, нельзя говорить об использовании в качестве эталонов времени даже короткопериодических пульсаров — нужны еще длительные исследования. Но уже само сопоставление различных по природе атомной и пульсарной шкал обещает дать ответы на важнейшие вопросы фундаментальной науки и практической метрологии.

⁹ Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Стрoение и эволюция Вселенной. М., 1975.

¹⁰ Сажин М. В. // Астрoн. циркуляр. 1978. № 1002.

¹¹ Rawley L. A., Taylor J. H., Davis M. M., Allan D. W. // Science. 1987. Vol. 238. P. 761—765.

К ЧИТАТЕЛЯМ «ПРИРОДЫ»

В связи с острым дефицитом бумаги в стране поступление журнала в розничную продажу резко ограничено. Если вы хотите читать «Природу» — подпишитесь на журнал. Оформить подписку можно в любом отделении связи. Наш индекс 70707.

Торжество таланта

В. И. Кузнецов,
доктор химических наук
Институт истории
естествознания и техники АН СССР



ПРИСТУПАЯ к рассказу о В. Н. Ипатьеве, я не мог избежать вопроса: правомерно ли называть его академиком? На этот вопрос можно ответить и утвердительно, и отрицательно, ибо в 1916 г. его избрали действительным членом Российской Академии наук, а в 1936 г. исключили из Академии наук СССР. И все-таки, видимо, правомерно, ведь он состоял членом и ряда академий других стран. Возникает, правда, более общий вопрос: а стоит ли вспоминать теперь о человеке, чье имя в нашей стране давным-давно кануло в Лету и не упоминается даже в таком историческом труде, как фундаментальная хроника «Развитие науки и техники в СССР. 1917—1987 гг.»

На этот вопрос я отвечаю однозначно — широкая информация о жизни и деятельности этого удивительного человека необходима!

Владимир Николаевич Ипатьев — ученый самого высокого ранга. Его исследования в области каталитических превращений при высоких давлениях и температурах — источник целого ряда направлений в химии не только сегодняшнего, но и завтрашнего дня. Я отношу к ним прежде всего химию экстремальных состояний, включая синтез особо твердых и жаропрочных материалов, плазмохимию, химию металлоорганических соединений и свободных радикалов, ряд разделов нефтехимии.

Ипатьев принадлежал к тем не столь часто встречающимся естествоиспытателям, которые соединили в себе уникальную способность прокладывать новые пути в фундаментальных исследованиях и создавать на этой основе принципиально новые виды материального производства. Из химиков к числу таких ученых можно отнести М. В. Ломоносова, А. Лавуазье, Д. И. Менделеева, А. Ле Шателье, В. Нернста, Ф. Габер, А. Муассана, Н. Н. Семенова и, может быть, с десяток других имен. Имея в виду именно эту сторону таланта Ипатьева, некоторые американские историки науки утверждают, что Россия дала миру трех великих химиков — Ломоносова, Менделеева и Ипатьева. Возможно, это в какой-то мере преувеличение, но оно правильно акцентирует внимание на том, что критерием оценки ученого должен быть не только его вклад в познание природных явлений, но и прямое участие в создании новых производств, в материализации

идей. Особенно важен такой подход при оценке химиков, ибо в отличие от других наук химия, по выражению Н. Н. Семенова, — одновременно и наука, и производство.

У Ипатьева интеграция науки и производства доходила до того, что временами он превращался в руководителя всей химической промышленности страны. И тогда химические предприятия и научно-исследовательские учреждения являли собой единое целое.

Наконец, Ипатьев основал большую научную школу, к которой принадлежат такие выдающиеся химики, как Г. А. Разуваев, М. С. Немцов, А. Д. Петров, А. В. Фрост, Б. Н. Долгов, В. В. Ипатьев, Н. А. Орлов, Б. Л. Молдавский, Е. И. Шпитальский (в нашей стране), Г. Пайнс, Л. Шмерлинг, А. В. Гроссе, Р. Баруэлл, В. Гензель (в США).

Жизнь и деятельность В. Н. Ипатьева — пример беззаветного служения науке. Между тем, что мы знали об Ипатьеве до последнего времени? Почти ничего. С 1937 г. его книги и книги о нем изъяты из библиотек страны. Его имя нельзя было упоминать на научных форумах. Известны случаи, когда научные работники подвергались строгим взысканиям за то, что в библиографии к своим публикациям давали ссылки на статьи Ипатьева в «Журнале Русского физико-химического общества». Дело доходило до грубой фальсификации — лишь бы в литературе не промелькнуло имя Ипатьева. Так, в книге «Катализ в органической химии» (перевод с английского статей Г. Пайнса, Л. Шмерлинга и других сотрудников Ипатьева) более чем в ста местах, в том числе в библиографии, его фамилия изъята¹. Результаты его трудов приписывались ученикам; тексты их статей и библиографические ссылки беззастенчиво искажались. Но еще труднее понять недавний факт: упоминание об Ипатьеве отсутствует в «Персональном составе Академии наук на 25 октября (7 ноября) 1917 г.» — приложении к книге «Наука и техника в СССР. 1917—1987. Хроника»². Что это: ошибка или движение по инерции от 1937 г.?

За что же такая немилость? Быть может, прав младший сын Ипатьева, Владимир, который 29 декабря 1936 г. на Общем собрании АН СССР при исключении отца (если основываться на протоколе³) осудил его за

¹ Катализ в органической химии / Пер. с англ. под ред. А. М. Рубинштейна. М., 1953. С. 7—12, 19—61, 123.

² Наука и техника в СССР. 1917—1987. Хроника. М., 1987. С. 697.

³ Архив АН СССР. Ф. 2. Оп. 7. № 6. Л. 152—153.

отказ возвратиться из заграничной командировки? Ипатьев был объявлен предателем Родины и лишен гражданства. Но стоит ли доверять приговору, вынесенному в обстановке всеобщего страха? Кстати, М. С. Немцов, присутствовавший на этом собрании, утверждает, что В. В. Ипатьев ничего подобного не говорил в своем выступлении. Кроме того, известен и иной приговор, вынесенный средним сыном Ипатьева, Николаем, который после октября 1917 г. ушел в белую гвардию, а затем эмигрировал. При встрече с отцом во Франции он не подал ему руки, заявив, что не желает знать тех, кто продался Советам.

В действительности же Ипатьев никого не предавал и никому не продавался. Сквозь все тернии, уготованные ему судьбой, он пронес независимость мыслей и идеалов и достиг полного торжества своего мощного таланта.

УЧЕНЫЙ

Как ученый Ипатьев сформировался в бутлеровской школе. Его первым наставником был один из выдающихся учеников А. М. Бутлерова — А. Е. Фаворский. Но большое воздействие на молодого Ипатьева оказали еще и стены того учебного заведения, которое он окончил и где протекала его исследовательская деятельность с конца XIX в. и до 20-х годов. Речь идет об Артиллерийской академии, славившейся высоким уровнем профессорско-преподавательского состава.

Работа в этом учебном заведении была одновременно и военной службой. Ипатьев проходил поэтому параллельно две иерархических лестницы: от лаборанта до академика и от младшего офицера до генерала. Есть все основания утверждать, что такой «параллелизм» не только не мешал, но, наоборот, способствовал развитию его научных исследований. Во-первых, это уплотняло время и требовало высокого уровня организации лабораторных исследований. Во-вторых, вся деятельность нацеливалась на получение таких результатов, которые были бы достаточно весомы в научном плане и в то же время близки к практическим нуждам.

Вероятно, именно этим можно объяснить, что уже самые первые работы Ипатьева в сфере научных интересов бутлеровской школы привели к совершенно оригинальным результатам. Классические методы органического синтеза оказались для него лишь необходимой подготовительной ступенью. В 1897 г., не выходя за пределы традиционного для этой школы круга изучаемых угле-

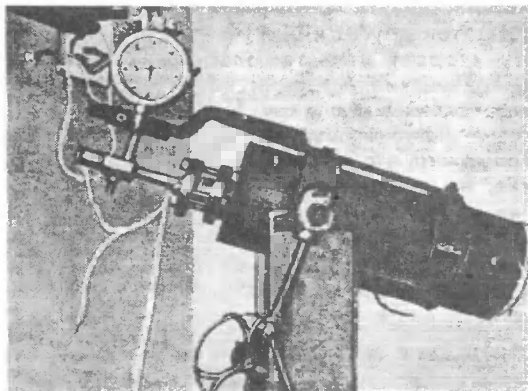
водородов, молекулы которых содержат от двух до пяти атомов углерода ($C_2 - C_5$), Ипатьев впервые синтезировал изопрен ($CH_2=C-CH=CH_2$) — мономерное звено



натурального каучука, а также многих витаминов и гормонов, получить который на протяжении многих лет стремился едва не каждый из учеников Бутлерова. Но это был первый и последний для Ипатьева синтез в классическом стиле — «при температуре, мало возвышенной», как выражался Бутлеров (чтобы как можно меньше подвергать термическому расщеплению остои органической молекулы).

Через три года Ипатьев в России и П. Сабатье во Франции открыли новую страницу в истории органической химии: они решили проводить химические реакции при высоких температурах, что в десятки и сотни раз увеличивает их скорость. А чтобы предотвратить распад молекул, использовали твердые катализаторы (как правило, металлы или их оксиды), определяющие направление реакций. В 1900 г. Ипатьев впервые стал применять для этих целей и высокие давления. «Бомба Ипатьева», изготовленная поначалу из орудийного ствола и выдерживавшая давление до 500—550 атм, стала прообразом применяемых ныне автоклавов.

Использование гетерогенного катализа, высоких температур и давлений коренным образом преобразовало весь органический синтез. Многостадийные процессы получения спиртов, органических кислот, оксидов, галогенсодержащих углеводородов были заменены одно- и двухстадийными. В качестве



«Бомба Ипатьева» — прообраз современных автоклавов.

РОССИЙСКАЯ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКАЯ
ФЕДЕРАТИВНАЯ
СОВЕТСКАЯ РЕСПУБЛИКА

СОВЕТ
НАРОДНЫХ КОМИССАРОВ.

Москва, Кремль.

№ 46792

У Д О С Т О В Е Р Е Н И Е.

Постановлением Всероссийского Центрального Испол-
нительного Комитета от 28-го Мая 1921 года тов.
И П А Т Ь Е В утвержден Членом Президиума Высшего
Совета Народного Хозяйства. —

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ СОВЕТА
НАРОДНЫХ КОМИССАРОВ

СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА
НАРОДНЫХ КОМИССАРОВ

Удостоверение члена Президиума ВСНХ, подписанное
В. И. Лениным. Москва, 1921 г.

сырья для производства этих продуктов вместо зерна, растительных и животных масел стали использовать нефть и уголь. На их основе можно было производить всевозможные каучуки, пластмассы, консистентные смазки, моющие средства.

Самым плодотворным периодом своей научной деятельности Ипатьев считал 1900—1914 гг., когда он только начинал закладывать основы той новой химии, которой суждено было стать центром производства материалов для авто- и авиатранспорта, машино- и приборостроения — словом, для техники и технологии всего XX в.

Вот краткий перечень наиболее важных его достижений того периода:

1901—1905 гг. — открытие каталитического действия цинка, алюминия, железа и других металлов в реакциях гидро- и дегид-

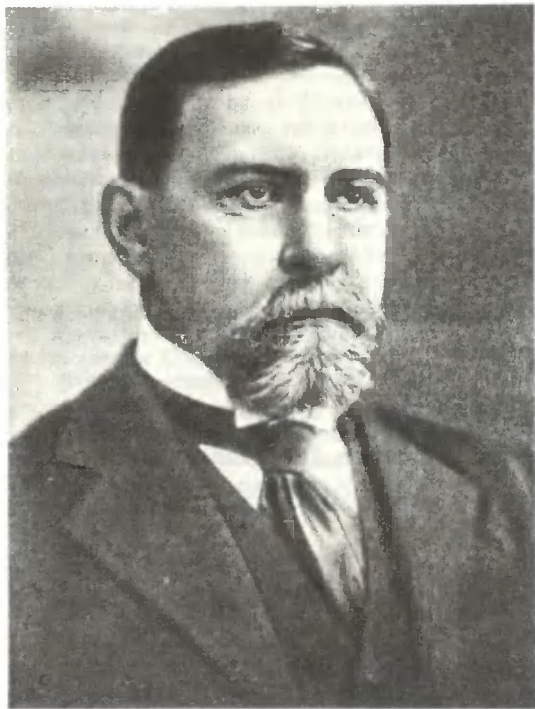
рогенизации (наиболее полно он исследовал катализ на оксидах алюминия; теперь это самый распространенный катализатор и универсальная подложка, на которую можно наносить другие катализаторы);

1909 г. — впервые установлена принципиальная возможность получения из этилового спирта дивинила на алюминиевом катализаторе с выходом продукта до 5 %;

1911 г. — обнаружение совместного действия двух- и многокомпонентных катализаторов, способных совмещать в одном процессе окислительно-восстановительные и кислотные функции.

Крупнейшее практическое следствие этих открытий — синтез С. В. Лебедевым дивинила из спирта с 28 %-ным выходом продукта и синтез каучуков (1928 г.).

В 1909—1914 гг. Ипатьев провел серию исследований в реакциях с неорганическими веществами при высоких давлениях. Вместе со своими учениками он разработал способы выделения металлов из водных растворов



Член Президиума ВСНХ РСФСР. 1927 г.

их солей путем вытеснения их водородом. Именно с этими работами Ипатьева Н. Д. Зелинский связывал наши успехи по синтезу аммиака из элементов, что позволило решить одну из основных проблем производства минеральных удобрений.

В 30-е годы, уже в США Ипатьев использовал развитые им методы катализа для ускорения реакций крекинга, риформинга и других процессов переработки нефти. Со своими учениками и сотрудниками лабораторий фирмы «Юниверсал ойл продакт компании» и Северо-западного университета (Чикаго, штат Иллинойс) он разработал такие важные процессы, как:

синтез полимербензинов из газообразных олефинов — отходов крекинга (у нас в стране их, как правило, сжигают);

получение из жирных предельных углеводородов (например, бутана и пентана) ненасыщенных углеводородов (бутена и бутадиена), способных образовывать полимеры, в частности каучуки;

изомеризация нормальных парафинов и алкилирование ароматических и парафиновых углеводородов (что повышает октановое число бензинов) и т. д. По мнению американских специалистов, высокое качество авиационных бензинов в США, достигну-

тое в конце 30-х — начале 40-х годов, и успехи союзнической авиации во время II мировой войны во многом обеспечены трудами Ипатьева.

Ныне лаборатория каталитических реакций при высоких температурах и давлениях в г. Эванстоне (40 км от Чикаго), входящая в состав Северо-западного университета, носит имя В. Н. Ипатьева. Ежегодно в ней проходят стажировку многие исследователи из разных стран мира, перенимающие идеи и методы Ипатьева, его опыт органического соединения теории и практики. Мне довелось побывать здесь в 1967 г. — в год 100-летия со дня рождения В. Н. Ипатьева — и убедиться, что ее относительно небольшой интернациональный коллектив, в котором почти все прекрасно говорят по-русски, так же целеустремлен и предан химии, как и сам основатель лаборатории. Поражает исключительно высокая ее производительность, которую можно оценить по числу статей и патентов. А патенты в США не залеживаются на полках.

«ГЛАВА НАШЕЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

Слова, вынесенные в заголовок, принадлежат В. И. Ленину⁴, который именно так назвал В. Н. Ипатьева, сосредоточившего в своих руках после октября 1917 г. и организацию научных работ по химии, и управление строительством химических предприятий в стране. Надо сказать, что никто другой из русских химиков не смог бы осуществлять в те годы столь сложные функции. Ипатьев же был подготовлен к ним еще в предреволюционные годы в ходе мобилизации химической промышленности на нужды войны с Германией.

Изучение жизни и деятельности Владимира Николаевича позволяет утверждать, что он не только не стремился занять какой-либо высокий административный пост, но, наоборот, решительно этому противился, имея твердое намерение заниматься только научной работой. Так, он отказался от почетной и престижной должности ректора одного из высших учебных заведений, настойчиво предлагавшейся ему великим князем Константином и профессором С. Ф. Платоновым, в прошлом наставником молодого Николая II. Но сложившиеся в военное время, а затем и в первые годы после революции, обстоятельства внесли свои коррективы в намерения Ипатьева и надолго, хотя и не

⁴ Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 53. С. 225—226.

полностью, оторвали его от исследовательской деятельности.

До войны 1914 г. химическая промышленность в России находилась в зачаточном состоянии. Все надежды на поставку для военных нужд необходимых химикатов, взрывчатых веществ и горюче-смазочных материалов царское правительство возлагало на Америку. Оказалось, однако, что в самое горячее время военных действий из США было получено лишь ничтожное количество толуола и тротила, да еще по баснословным ценам. Попытки наладить химическое производство для военных нужд в самой России окончились неудачей: специальная экспертная комиссия пришла к выводу, что в стране отсутствуют какие-либо резервы для этого. Тогда задачу обеспечения армии порохами и взрывчатыми веществами возложили на Главное артиллерийское управление, которое, в свою очередь, поставило ее перед Артиллерийской академией.

После тщательного обследования коксо- и нефтехимических предприятий Ипатьев и его помощники установили довольно широкие возможности производства толуола, в том числе — за счет пиролиза тяжелой нефти. Обнаружились резервы и в производстве серной и азотной кислот. Это тоже открывало перспективы получения взрывчатых веществ. Комиссия по заготовке взрывчатых веществ под председательством Ипатьева в течение 1915 г. превратилась в своеобразное ведомство по руководству строительством все новых химических предприятий. В 1916 г. ее преобразовали в Химический

комитет при Главном артиллерийском управлении, к работе которого Ипатьев привлеч самых крупных русских химиков — Н. С. Курнакова, А. Е. Фаворского, Л. А. Чугаева, В. Е. Тищенко и др. За короткое время комитету удалось в 6—8 раз увеличить производство минеральных кислот, толуола, бензола, взрывчатых веществ и горюче-смазочных материалов. Было организовано производство средств противогазовой защиты.

После октября 1917 г. началась новая страница в жизни и деятельности В. Н. Ипатьева. Есть нечто совершенно необычное, даже парадоксальное в том крутом повороте, который произошел в жизни этого человека за столь короткий отрезок времени. Еще совсем недавно генерал-лейтенант царской армии, он был известен как особа, приближенная к императорскому двору. Чуть ли не ежедневно бывал он с докладами у военных министров — Поливанова и Шувалова, у председателя Государственной думы Родзянко, а время от времени — у самого государя. Но уже в 1918 г. он вошел в состав руководящих лиц при советском правительстве, а с 1921 г. он — член Президиума ВСНХ РСФСР, постоянно встречается с Дзержинским, Рыковым, Троцким, а нередко и с Лениным.

Не приняв в душе социалистическую революцию, оставаясь приверженцем конституционной монархии, Ипатьев тем не менее искренне и твердо встал на путь сотрудничества с большевиками, решив отдать свои силы и талант Советской республике. На все предложения, сделанные после 1917 г.

В. Н. ИПАТЬЕВ. НАУКА И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ НА ЗАПАДЕ И В РОССИИ (Пг: НАУЧИХИМТЕХИЗДАТ, 1923. С. 4, 8)

...Никакие потрясения государств, никакие разрухи промышленно-хозяйственной жизни не страшны для государства, если только не пропала охота к производительному труду и не угас дух мысли и творчества, представляющий собой ценнейший народный капитал каждой нации. Недаром говорит американская пословица: капитал потерял — ничего не потерял, время потерял — много потерял, дух потерял — все потерял. Во всех таких тяжелых переживаниях экономическо-промышленной жизни государствам приходилось обращаться за помощью к исключительно беспристрастному своему другу — науке, которая своими методами кропотливого, терпеливого и упорного труда указывала на путь, по которому должно было идти строительство для создания новых производств и ремонта всего разрушенного и старого.

Опыт показывает, что для правильного развития того или другого производства необходимо всестороннее его изучение в лабораториях и ученых кабинетах, в опытных мастерских, а потом уже его установка в заводском масштабе. В тиши лаборатории люди, преданные науке, воспроизводят те методы, которые в будущем должны лечь в основу всех этих различных технических производств. Вот почему в тех странах, где мы имеем высокое развитие промышленности и сельского

его прежними коллегами (а их было немало), о сотрудничестве с контрреволюцией, о отступлении в белую гвардию или выезде из России он отвечал категорическим отказом.

Чем же можно объяснить его выбор, который дался ему огромной ценой — от него отшатнулись многие, даже самые близкие, в том числе и некоторые родственники?

Ответ дает сам Ипатьев. Постоянно подчеркивая, что его интересы находятся всецело в сфере науки, а не политики, он решает навсегда остаться на том пути, по которому шел до 1917 г. «Я как патриот своей родины должен остаться в ней до конца моей жизни и посвятить ей все мои силы», — скажет он несколько позднее, в конце 20-х годов⁵. На родине и во имя родины им сделано немало в высшей степени ценного, и все это ему хотелось превратить в фундамент, на котором он продолжал бы строить здание новой химии. Ему хотелось работать, созидать и, конечно, иметь для этого необходимые условия. Ипатьев вовсе не считал, что до революции он работал в идеальных условиях. На такие же, а возможно и лучшие, условия он рассчитывал и впредь, принимая предложение представителей советского правительства Л. Я. Карпова и Н. И. Подвойского сотрудничать в деле демобилизации и мирного развития химической промышленности страны.

«Можно было совершенно не соглашаться с многими идеями большевиков. Можно было считать их лозунги за утопию... но надо быть беспристрастным и признать,

что переход власти в руки пролетариата в октябре 1917 г., проведенный Лениным и Троцким, обусловил собой спасение страны, избавив ее от анархии и сохранив в то время в живых интеллигенцию и материальные богатства страны», — писал он в своих воспоминаниях⁶. Вот почему царский генерал вместо кителя с погонами надел красноармейскую гимнастерку с ромбами в петлицах и совершенно сознательно вместе с большевиками включился в строительство новой жизни.

Возглавляемый Ипатьевым Химический комитет при Главном Артиллерийском управлении был преобразован сначала в Комиссию по демобилизации и организации химической промышленности, а затем — в Технический совет химической промышленности при ВСНХ. Ипатьев стал его председателем. Одновременно он был назначен председателем Технического управления Военно-хозяйственного совета Наркомата по военным делам. В 1921 г. он возглавил Главное химическое управление ВСНХ, вошел в состав Госплана СССР; около пяти лет возглавлял Научно-технический отдел ВСНХ СССР, занимаясь главным образом созданием новых научно-исследовательских институтов и организацией их работы по реализации плана ГОЭЛРО.

Результаты деятельности Ипатьева в 1918—1929 гг. по развитию химической промышленности и сети химических институтов трудно переоценить. Это и разработка проектов производства новых материалов, например синтетического каучука, планов

⁵ Ипатьев В. Н. Жизнь одного химика. Воспоминания. Т. II. Нью-Йорк, 1945. С. 483.

⁶ Там же. С. 36.

хозяйства, мы можем наблюдать и обилие великолепно оборудованных лабораторий, опытных мастерских и опытных полей. <...>

Я не ошибусь, если скажу, что в настоящее время главнейшая забота каждого сознательного гражданина — это способствовать всеми мерами, которые имеются в нашем распоряжении, восстановлению производительных сил России. Сюда устремлены все наши взоры и помыслы, и всякий отлично понимает, что без этого восстановления жизнь в Российской Республике не войдет в нормальную колею. Это сознание необходимости воссоздать нашу промышленность вполне объясняет нам, почему всякий научный трактат или доклад, газетная статья, если только они касаются промышленных или торговых проблем, дают методы, должностующие лечь в основу развития нашего земледелия и промышленности, как никогда привлекают всеобщее внимание и вызывают живой интерес, и не только в России, но и во всем мире. За границей приходится наблюдать и интерес, и сильнейшее удивление, когда идет речь о том тяжелом материальном положении, в котором находится ныне наша страна, которой принадлежат удивительные и по размерам, и по качеству богатства почв и недр, чего не имеется у большинства европейских государств.

Для всякого ясно, что Россия выйдет из этого тяжелого положения только тогда, когда она восстановит свою производительность как земледельческих продуктов, так и остальной промышленности...

строительства предприятий по производству калийных и фосфорных удобрений, горюче-смазочных материалов, красителей, расширение коксохимического производства и досрочное выполнение заданий по развитию химической промышленности в рамках плана ГОЭЛРО.

Большое внимание Ипатьев уделял проблеме связанного азота, выдвигая и собственные оригинальные предложения, учитывающие положительные и отрицательные стороны опыта по синтезу аммиака в Германии. Деятельно участвовал он в решении проблемы энергохимического использования сланцев, торфа и низкокалорийного каменного угля. Его работа о необходимости создания электродного производства из туруханского графита, опубликованная отдельной брошюрой, вызвала большой интерес у Ленина, который после ее прочтения дал соответствующие указания о добыче и сбыте графита.

Все предпринимаемые Ипатьевым шаги по организации новых производств подкреплялись им, во-первых, точным научно-техническим обоснованием и, во-вторых, широким и доступным для неспециалистов обсуждением. Он часто выступал на конференциях и собраниях, писал брошюры и статьи в газеты и журналы. Его популярные работы «Производство аммиака» и «Разложение пиронафта» (1920), «Туруханский графит» (1921), «Нефть» и «Каталитические явления в природе» (1922), «Наука и промышленность на Западе и в России» (1923), «Химическая промышленность — база химической обороны» (1924) были прямым ответом на призыв Ленина считать произ-



В лаборатории Северо-западного университета. Эванстон, 30-е годы.

водственную пропаганду важнейшей политической задачей реализации плана ГОЭЛРО. Более того, Ипатьев предложил председателю ВСНХ А. И. Рыкову создать доброволь-

В. Н. ИПАТЬЕВ. ЖИЗНЬ ОДНОГО ХИМИКА. ВОСПОМИНАНИЯ. Т. II. Гл. 9. С. 585—587.

...В Москве я был привлечен сделать доклад на тему: «Влияет ли политика на развитие науки?». Этот митинг был организован в большом зале Московской консерватории, и председателем его являлся Г. М. Кржижановский, председатель Госплана. Кроме меня были приглашены следующие лица: А. [В]. Луначарский, С. Д. Шенн, М. Я. Лапиров-Скобло, П. Осадчий, Абрикосов, Кончаловский (последние два доктора медицины)¹. Поставленный вопрос представлял большой общественный интерес в советской обстановке, и потому громадный зал консерватории был переполнен (собралось не менее 2000 человек). Мне не очень было приятно выступать по этому вопросу, так как я не был в состоянии говорить об этом предмете только в угоду

¹ Шенн С. Д. — инженер-химик, организатор и первый председатель Волжско-Камского объединения химических заводов (с 1917 по 1918 г.), член коллегии Химического отдела (а затем Главхима) ВСНХ.

Лапиров-Скобло М. Я. — инженер-электрик, журналист, член коллегии НТО ВСНХ (с 1918 по 1927 г.). Осадчий П. А. — инженер-электрик, профессор, заместитель председателя Госплана с 1918 по 1926 (?) г. (Прим. ред.)

ное химическое общество, в задачи которого входило бы содействие химическому образованию и развитию химической промышленности в стране. Предложение было принято правительством при самой активной поддержке председателя Реввоенсовета Л. Д. Троцкого. 19 мая 1924 г. в Большом театре состоялось учредительное собрание, вступительное слово на котором произнес Троцкий, а доклад «Задачи Доброхима» сделал Ипатьев. Так было положено начало деятельности одной из самых массовых добровольных организаций в СССР — Доброхима, который впоследствии был преобразован в Осоавиахим, а затем в ДОСААФ.

Исключительно плодотворной была деятельность Ипатьева за рубежом, куда он часто выезжал в научные командировки, многие из которых состоялись по инициативе Ленина. Бывая в Германии, Франции, Бельгии, Японии и других странах, Ипатьев изучал опыт строительства новых химических предприятий и знакомился с достиже-

ниями химии. Всюду, как правило, выступал с научными докладами по проблемам катализа и химической кинетики, передавая свой опыт зарубежным коллегам. С 1926 г. Ипатьев стал научным консультантом немецкой фирмы «Байерише Штикштофф Верке», где под его руководством проводились исследования по каталитическим превращениям фосфора и фосфорсодержащих соединений. В договор о совместных работах как с этой, так и с другими зарубежными фирмами Ипатьев включал условие, согласно которому все патенты и патентные заявки по результатам исследований должны были принадлежать и Советскому Союзу. Получаемые вознаграждения, как и гонорары за выступления, Ипатьев расходовал на покупку оборудования, приборов и реактивов для советских научных учреждений. Часто это были ценнейшие приобретения на весьма солидные суммы, которые иными путями наши организации просто не могли получить не только из-за недостатка валюты, но и потому,

большевикам. В своей речи я все-таки привел некоторые данные, которые смягчали мои оппозиционные взгляды. Я решил написать свою речь заблаговременно и хорошенько ее прокорректировать. Когда мы, ораторы, собрались перед митингом, то Луначарский, здороваясь с нами, весело заметил:

«Сегодня наша аудитория услышит только симфонию, так как наперед вижу, какие речи произнесут наши докладчики».

Но Луначарский оказался не совсем прав, так как ему все-таки пришлось возражать на мою речь, которая оказалась ложкой дегтя в бочке меда. Я выступал третьим, когда уже аудитория прослушала две речи, где указывалось черным по белому на громадное влияние советской политики на развитие научной мысли. Меня аудитория встретила аплодисментами, и это меня до некоторой степени подбодрило, так как должен сознаться, что в этот раз я волновался больше, чем в других моих выступлениях. Я очень жалею, что у меня нет оригинала моей речи (он остался в Москве), и здесь я могу привести на память только главные мои мысли по этому вопросу. Я разбил свой доклад на две части: в первой части я доказывал, что политика государства не оказывает никакого влияния на творчество гениальных и талантливых людей. Достаточно вспомнить великие творения Галилея в эпоху инквизиций, гениальную работу нашего Лобачевского в эпоху Николая I, когда не очень-то поощрялись науки, творчество Менделеева и пр., чтобы ясно видеть, что гении рождались и творили независимо от тех политических воззрений, которые были положены в основу государственной власти в данной стране. Творчество было, есть и всегда будет свободно и не подчинено никаким правилам и декретам. Но мы должны признать, что экономическая политика государственной власти может повлиять на развитие той или другой отрасли промышленности и создать такие условия, при которых данная промышленность будет в состоянии начать свое существование. И вот тогда в учебных лабораториях университетов начнут появляться работы, которые послужат фундаментом для установления новых процессов, необходимых стране. Поучительный пример в этом отношении нам представляет Германия в развитии своей химической промышленности. Далее я подчеркнул в своей речи, что научная работа в исследовательских лабораториях в настоящее время настолько осложнилась, что нет никакой возможности ее производить одному человеку. Руководитель лаборатории ставит только главную проблему, которая далее разрабатывается под его наблюдением несколькими его сотрудниками, и потому общее сотрудничество, подобно всякой коммуне, есть принадлежность каждой хорошо организованной лаборатории совершенно независимо от того, какой государственный строй существует в стране. В конце речи я указал,

что за границей преобладало явное нежелание продавать что-либо ценное Советам.

В 1927 г. отмечался юбилей Ипатьева — 35 лет научной деятельности и 60 лет со дня рождения. Был создан очень представительный организационный комитет по проведению торжеств. Подготовка к юбилею велась втайне от Ипатьева, считавшего, что в таких случаях дело должно ограничиваться научным семинаром, на котором юбиляр выступает с докладом о перспективах развития соответствующих отраслей науки.

Именно с такого доклада 15 мая 1927 г. и началось заседание в Москве. Но неожиданно для Владимира Николаевича с поздравлениями и речами стали выступать члены оргкомитета, видные ученые, инженеры, руководители промышленных предприятий. Поступило 270 приветствий от различных правительственных учреждений, институтов, обществ, заводов, отдельных лиц. Поздравляли Ипатьева и крупнейшие университеты Европы и США, академии, фирмы и отдельные

ученые, в том числе М. Планк, Р. Вильштеттер, Ф. Габер, К. Матиньон, Ф. Фишер и др. (всего 120 приветствий из 18 стран). Советское правительство постановило присвоить В. Н. Ипатьеву почетное звание заслуженного деятеля науки и наградить его премией имени В. И. Ленина.

ЧЕЛОВЕК

Еще в начале 30-х годов у меня возникло непреодолимое желание ближе познакомиться с жизнью и деятельностью Ипатьева, поскольку именно тогда мне много рассказывал о нем мой учитель, член-корреспондент АН СССР В. В. Челинцев, строгость и скупость на лестные отзывы которого служили своего рода гарантией их адекватности. Для Челинцева, крупного химика, одного из основоположников магнийорганического синтеза, Ипатьев был кумиром, предметом не только поклонения, но и подражания. Он считал, что Ипатьев посвятил себя

что организация сельского хозяйства может быть выполнена по тому же методу работы, которая стала необходимой в научных лабораториях. Существующее трехпольное хозяйство в СССР не может быть далее продолжаемо; ввиду сильного увеличения народонаселения в центральной и южной частях России, мы должны перейти к интенсивному земледелию. Это может быть осуществлено или при помощи хуторского хозяйства, которое принято во всем мире, или же при настоящем политическом строе в СССР, при помощи особой организации общественного владения, которая уничтожит чересполосицу и ведет шестипольное хозяйство при совместной обработке земли под началом своих выборных опытных старшин. Для проведения в жизнь такого интенсивного хозяйства община должна получить в кредит от государства необходимые сельскохозяйственный инвентарь и удобрения и выплачивать за эту ссуду поставкой осенью необходимых продуктов-продовольствия. Я не хочу хвастаться, но моя речь вызвала, пожалуй, наибольшие одобрения со стороны слушателей, чем все остальные.

Самая неприятная и подхалимная речь была сказана С. Д. Шеиним, который ни к селу, ни к городу стал ругать главным образом профессоров, указывая на то, что они, неблагодарные по отношению к советской власти, которая им все дает, занимаются только вредительством; от него также попало и инженерам, хотя он стоял в то время во главе союза техников и инженеров и, казалось, должен был бы их защищать. Он сидел рядом со мной за столом, и когда он кончил речь, то обратился ко мне спросил, не переселил ли он свою речь. Я буквально ему ответил:

«Хуже сказать было нельзя, и для чего такая речь, когда и без того моральная жизнь профессоров и инженеров очень тяжелая, и ваш удар пришелся совершенно не по тому сюжету, который был поставлен на обсуждение».

По правде сказать, я не дождался конца, так как противны были речи людей, курящих фимиами власти, когда их никто не принуждал говорить лстивые похвалы существующему строю. На другой день я услышал от присутствующих, а также из газет, что Луначарский в своей речи, которая должна была быть заключительным аккордом, возражал только одному мне. Он заявил, что с мнением акад. Ипатьева, которого он очень уважает и как ученого, и как крайне полезного работника в Союзе, он не может согласиться; он утверждал, что творчество гения зависит во многом от политического строя и т. п. Я не знаю, поместило ли ГПУ в моем кондуите это мое выступление, но тогда я чувствовал, что оно не осталось без внимания и мне будет поставлено в вину при первом удобном случае...

актуальнейшей проблематике исследований, в которой получил очень важные результаты, немедленно воплощаемые в технологические устройства, и, главное, что он как человек доступен, открыт, всегда с радостью готов поделиться знаниями и опытом.

В середине 50-х годов мне удалось получить живые свидетельства о жизни и деятельности Владимира Николаевича от его дочери Анны Владимировны, жены и дочерей его сына Владимира и от учеников — Г. А. Разуваева и А. Д. Петрова. Немало интересного рассказал о своих встречах с Ипатьевым и впечатлениях о нем И. П. Бардин. Наконец, важную и, возможно, самую интересную информацию о человеческих качествах Ипатьева я получил в США от его сотрудников, просто знавших его людей, побывав в номере гостиницы, где он прожил 22 года.

По рассказам Разуваева и Петрова, Владимир Николаевич был живым, жизнерадостным человеком, необыкновенно разно-

сторонним и вместе с тем собранным. Поражало его обаяние: все, кто работал с ним, говорят о нем с исключительным почтением и любовью. Он отдавал всего себя ученикам, как бы растворяясь в них и в то же время оставаясь требовательным и к себе, и к ним. Он создавал вокруг себя удивительную атмосферу доверия, которая была неотделима от веры в могучие возможности коллегиальности, столь характерной для Русского физико-химического общества, для бутлеровской школы. Движущей силой его научных устремлений, как и общественной деятельности, был патриотизм, соединенный с учтивостью и благородством в отношениях с учеными других стран, даже соперниками на научном поприще.

Почему же Ипатьев не возвратился из очередной заграничной командировки на родину, в результате чего жизнь раздвоилась: 63 года в России и 22 — в США?

По словам самого Ипатьева, главной причиной была общая обстановка в стране,

ИЗ ПЕРЕПИСКИ

Н. П. Горбунов¹ — В. Н. Ипатьеву. 17 сентября 1936 г.

Многоуважаемый Владимир Николаевич.

Вы уже около шести лет находитесь вне пределов СССР и не принимаете никакого участия в гражданской работе по социалистическому строительству.

Вы являетесь гражданином СССР, крупным ученым, действительным членом Академии наук, Вы нужны нашей стране.

Поэтому по поручению Президиума Академии наук я прошу Вашего прямого, ясного и откровенного ответа на следующий вопрос — считаете ли Вы себя обязанным целиком работать для своей родины — Советского Союза, для усиления ее мощи и процветания и если считаете, то готовы ли Вы немедленно сделать из этого практические выводы. Вопрос этот является вполне законным потому, что Ваш добровольный отрыв от нашей родины принял слишком затяжные формы. Если Вы отвечаете на поставленный Вам вопрос утвердительно, то Вы должны в ближайшее же время вернуться в СССР для научной работы. Академия наук примет все меры к созданию для Вас благоприятных условий, как по научной работе, так и в бытовом отношении.

В противном случае, Академия наук и, вероятно, вся страна, должны будут сделать соответствующий вывод о Вашем отношении к СССР.

В ожидании скорого извещения о Вашем решении и с надеждой на скорое Ваше возвращение.

Непременный секретарь
Академии наук СССР

Н. П. Горбунов

Архив АН СССР. Ф. 518. Оп. 4. Д. 8. Л. 19.

¹ Горбунов Н. П. (1892—1944) — государственный деятель, один из организаторов советской химической промышленности, академик (с 1935 г.). С 1920 г. — управляющий делами СНК РСФСР, в 1928—1932 гг. — председатель Научной комиссии Комитета по химизации народного хозяйства СССР, с 1935 г. — непреходящий секретарь АН СССР. Жертва сталинских репрессий.

сложившаяся после смерти Ленина. В конце 20-х годов близкие Ленину партийные и государственные руководители-интеллигенты грубо отеснялись в сторону, их заменяли менее грамотными, но более изворотливыми и беспринципными людьми. Как член коллегии Госплана СССР и Президиума ВСНХ Ипатьев при жизни Ленина имел постоянные контакты с Троцким, Подвойским, Кржижановским, Горбуновым. Но уже вскоре после смерти Владимира Ильича Ипатьев стал с тревогой отмечать, что их бесцеремонно снимают с высоких постов: Горбунова — с должности управляющего делами СНК СССР, Троцкого, с которым Владимир Николаевич был особенно тесно связан, со всех высоких постов передвинули на должность председателя Научно-технического отдела ВСНХ (Ипатьева назначили его заместителем). Затем Троцкого сняли и с этой должности, Ипатьева же без каких-либо видимых причин устранили из Президиума ВСНХ.

Эта странная закономерность заставила Ипатьева все чаще задумываться: внезапные репрессии обрушивались на самых умных, деловых и активных. Особенно поразил его арест в 1929 г. Е. И. Шпитальского — талантливого ученого, привлеченного Ипатьевым к работам по строительству химических производств, его большого друга. Был арестован инженер П. М. Лукьянов, которого Ипатьев посылал в Германию для изучения опыта производства неорганических материалов. С 1934 г. начались аресты его учеников. Но еще до этого, в конце 1929 г., тучи сгустились и над ним самим. В правительственных кругах стало складываться мнение, что, часто бывая в Германии, он будто бы больше работает на зарубежные фирмы, чем на СССР. Ипатьев хорошо понимал, чем это грозит. В обстановке, поощряющей карьеризм, доносы и ложь, стремление укрепить экономические и научно-технические связи с зарубежными фирмами, когда-то поддержанное Лениным, Красиным и

В. Н. Ипатьев — Н. П. Горбунову. 1 декабря 1936 г.

Многоуважаемый Николай Петрович!

Ваше письмо от 17 сентября я получил только 17-го октября и спешу ответить Вам и дать вполне откровенный ответ.

Я должен заметить, во-первых, что я никоим образом не могу согласиться с тем, что я не принимал никакого участия в той научной работе, которая происходила в СССР за эти шесть лет. Достаточно указать, что, несмотря на мой возраст и болезнь, которая потребовала операции, я написал книгу², которая, кроме суммирования моих старых исследований, содержит очень ценный новый материал, который будет использован в СССР с большой пользой как для новых научных работ, так и для новых технических процессов.

Кроме того, я посылал в химические русские журналы все мои новые исследования одновременно с отсылкой в американские журналы их переводов.

За эти годы меня посетили (...) много инженеров и химиков из СССР, которым я давал разъяснения по поводу последних моих работ, опубликованных в американских журналах. Эти мои научные исследования внесли новую струю в область [химии] углеводородов и, безусловно, окажут большое влияние на дальнейшее развитие нефтяной промышленности.

Я прошу Вас также мне дать откровенный ответ, мог ли я в СССР за эти годы совершить ту работу, которую я сделал здесь, имея положительно все к моим услугам и не будучи стеснен никакими планами в своих научных исследованиях.

В моем письме к Ю. Л. Пятакову³ от 23 октября 1932 г. (копия у меня сохраняется) я кратко напомнил ему, какую работу по организации химической промышленности в СССР я проделал по поручения В. И. Ленина и Ф. Э. Дзержинского, когда она находилась почти в критическом состоянии.

Я напомнил ему также о том положении, в каком я очутился в конце 1926 г., после ничем не объяснимого моего увольнения с поста Председателя Научно-Техниче-

² Речь идет о монографии В. И. Ипатьева «Каталитические реакции при высоких температурах и давлениях», опубликованной в 1936 г. в СССР.

³ Пятаков Ю. Л. (1890—1937) — партийный и государственный деятель. С 1920 г. занимал должности заместителя председателя Госплана и ВСНХ, работал торгпредом во Франции, был также председателем правления Госбанка СССР, заместителем наркома тяжелой промышленности. Погиб в годы сталинских репрессий.

Кржижановским, могло истолковаться как «политика промпартии» или даже способ установления шпионских связей с зарубежными центрами. Именно это инкриминировали П. М. Лукьянову, возвратившемуся из Германии. Поэтому в 1930 г. Ипатьев принимает твердое, хотя и крайне тяжелое для него решение выехать за границу и до поры до времени не возвращаться⁷.

В своих мемуарах он сам касается этой темы. Находясь в 1927 г. в очередной командировке в Германии, он вместе с Эйнштейном как-то оказался гостем В. Нернста. Во время обеда произошел разговор, на первый взгляд не слишком примечательный.

«Один из немецких профессоров спросил меня,— пишет Ипатьев,— почему я совсем не покину СССР и не переселюсь за границу, где я найду для продолжения своих научных работ, несомненно, гораздо больше удобств, чем у себя на Родине. Я в то время не имел ни малейшей идеи покинуть

свою страну. (...) Я не замедлил ответить, что как патриот своей Родины должен остаться в ней до конца моей жизни и посвятить ей все мои силы. Профессор Эйнштейн слышал мой ответ и громко заявил: „Вот этот ответ я вполне разделяю, так надо поступать“. И вот прошло 4—5 лет после этого разговора, и мы оба нарушили наш принцип; мы теперь эмигранты и не вернулись в свои страны по нашему персональному решению, а не потому, что были изгнаны нашими правительствами. Конечно, каждый из нас постарался объяснить свое невозвращение известными мотивами, но факт остается фактом: мы изменили нашим убеждениям и покинули свою родину. Впоследствии я откровенно опишу все свои переживания относительно моего решения не возвращаться в течение известного времени в СССР, и, может быть, читатель найдет мои основания заслуживающими оправдания. Но у меня самого в душе до конца моей жизни останется горькое чувство: почему обстоятельства сложились так, что я все-таки принужден был остаться в чужой для меня стране,

⁷ Между тем в некоторых изданиях, в частности в СЭС, отъезд Ипатьева почему-то датируется 1927 г.

ского] отдела. В то время как другие ученые имели в своем распоряжении целые институты, мне приходилось создавать небогатую лабораторию в своей квартире, на 8 линии Васильев[ского] острова, собирая деньги от ВСНХ (...) и получая ничтожные средства от Академии наук.

По счастью для меня, с разрешения Правительства мне удалось начать с 1927 г. работать в Германии, куда меня пригласили установить свой метод высоких давлений для каталитических реакций.

Успех моих заграничных исследований заставил обратить внимание правительства на условия, при которых протекает моя работа в СССР. Желая скорее организовать научную работу над давленями, я значительное количество заработанных денег истратил на закупку в Германии оборудования для моей лаборатории высоких давлений в Академии наук, а также на командирование моих сотрудников, за мой счет, за границу, одного на год, другого на 7 месяцев, а третьего субсидировать во время его научных работ в Германии.

Моя научная и техническая деятельность в течение 13 лет в СССР, как то признают многие, была настолько полезна, что я, безусловно, заслужил право в последние годы моей жизни, мне идет 70 год, производить только посильную работу, в обстоятельствах, наиболее благоприятных, тем более, что мое здоровье за последнее время находится в плохом состоянии.

Едва ли где-нибудь я мог бы найти столь льготные условия для моей работы, какие я имею здесь: я могу приходить на работу когда угодно, по неделям я могу отдыхать и мне предоставляется право самому выбирать научные проблемы. Результатами моих работ могут воспользоваться химики и инженеры СССР и применить их для промышленности.

Нельзя отрицать, что всякий ученый работает не только для своей страны, но и для всего человечества. Я люблю свою родину и, творя новые открытия, всегда думал и думаю теперь, что все это принадлежит ей и она будет гордиться моей деятельностью.

Разве имя Мечникова, который более полжизни работал в Пастеровском институте, не произносится с уважением в СССР? Разве не ценятся научные работы и деятельность П. И. Вальдена⁸, который в более раннем возрасте, чем я, стал работать вне СССР, а именно — в Германии. Академия наук, после оставления им СССР, сделала его почетным членом Академии наук и приветствовала его, когда он приезжал потом в СССР на Менделеевский съезд.



Бывшие студенты Мюнхенского университета: премии, и М. Гомберг, президент Американского химического общества. Чикаго, 1933 г.

Я прошу заявить Президиуму Академии наук, что я не оставляю надежды приехать в СССР, но обстоятельства складываются ныне так, что я фактически не могу этого выполнить.

Нашему полпреду в Соединенных Штатах А. А. Трояновскому⁵, когда он был у меня, а также при моем посещении его в Вашингтоне, я подробно объяснил (...), почему я не могу выехать в СССР. Мною подписан контракт (...) и я не могу его нарушить (...).

В заключение я считаю по долгу совести уверить Вас, что если бы СССР обеспечил мне гораздо более благоприятные условия, чем я имею здесь, то одно налаживание моего исследования потребовало бы от меня такого громадного напряжения, что в самом скором времени совершенно расшатало бы мое последнее здоровье и я стал бы полным инвалидом.

Весь строй моих идей, связанных тесно с моими сотрудниками и выполняемый ныне в великолепно оборудованной годами лаборатории, будет нарушен и только принесет вред моей исследовательской работе, а следовательно, и науке и технике.

Я надеюсь, что все вышеизложенное должно убедить Президиум и Вас, что вся моя деятельность была направлена на пользу моей родины (в письме к моему сыну я даю еще тому доказательство) и те последние силы, которые имеются в моем распоряжении, должны быть использованы рациональным способом в наиболее благоприятных для моего здоровья условиях.

Всякие подозрения относительно моего некорректного отношения к моей родине не должны иметь места или могут только породить у меня тревожные мысли относительно причины моего немедленного возвращения.

Академик В. Ипатьев

Архив АН СССР. Ф. 518. Оп. 4. Д. 8. Лл. 20—23.

© Публикация и комментарий В. А. Волкова

⁴ Вальден П. И. (1863—1957) — физикохимик, академик Петербургской АН (с 1910 г.), иностранный почетный член АН СССР (с 1927 г.). В 1911—1919 гг. — директор Химической лаборатории АН, в 1919—1934 гг. — профессор Ростоцкого университета, с 1934 г. — университетов Франкфурта-на-Майне и Тюбингена.

⁵ Трояновский А. А. (1882—1955) — советский дипломат, в 1933—1939 гг. — полпред СССР в США.

сделаться ее гражданином и работать на ее пользу в течение последних лет своей жизни»⁸.

Отъезд Ипатьева из СССР состоялся в июне 1930 г. Сначала он прибыл в Германию, затем перебрался в США, в Эванстон, где стал консультантом фирмы «Юниверсал ойл продакт компани» и профессором Северо-западного университета. И все-таки еще шесть лет не терял связей с СССР: направлял выполненные в США работы в советские издания, посылал в советские научные учреждения дефицитное оборудование и материалы, а в 1936 г. Академия наук СССР даже издала его большую книгу по катализу. Все это разом оборвалось в 1937 г. И не по вине Ипатьева, против его желания, вопреки его жизненным целям и интересам.

То обстоятельство, что он «принужден был остаться в чужой для него стране», было для Ипатьева трагедией. Орыв от Родины, близких для него людей — сына, дочери, внуков, еще не зажившая рана от потери старшего сына Дмитрия, погибшего во время I мировой войны, разрыв со средним сыном Николаем и весть о его гибели в Африке при испытании открытого им средства лечения желтой лихорадки — все это камнем ложилось на измученную душу. Кроме того, одно за другим приходили известия из СССР об арестах коллег, друзей, учеников.

Когда-то Ипатьев с юмором относился к автохарактеристике Троцкого: «Ленин умер, но остался живым, — говорил Лев Давидович, — а я продолжаю жить, но умер». Этот афоризм Троцкий придумал, когда после смерти Ленина сначала стал перемещаться на более низкие должности, а затем и вовсе был отстранен от политической жизни. На чужбине Ипатьев с горечью вспоминал эти слова Троцкого, потому что у него на родине, в СССР, делалось все, чтобы имя Ипатьева было забыто.

Ученики и сотрудники Ипатьева в Соединенных Штатах делали все от них зависящее, чтобы рассеять грустное настроение шефа. Они устраивали увеселительные вечера, прогулки на яхтах по озеру Мичиган, торжества в связи с его юбилейными датами и тем не менее отмечали, что лучше всего отвлекает Владимира Николаевича от тяжелых раздумий и душевной боли работа в лаборатории, где он трудился, как сам говорил, от зари до зари.

В лаборатории химии высоких давлений

и температур им. Ипатьева меня принял профессор Г. Пайнс, самый близкий из американских учеников, друг и душеприказчик Владимира Николаевича. Это было в октябре 1967 г., через 15 лет после того, как оборвалась жизнь Ипатьева, и через полтора месяца после Международного симпозиума, посвященного 100-летию со дня его рождения. В нем участвовали крупнейшие специалисты по катализу из США, Германии, Франции, Японии, Англии и других стран; не приехали только советские ученые. Профессор Пайнс принял меня сухо, с явной неприязнью.

«Вы, русские химики, совсем не представляете себе, кого потеряли в лице Ипатьева, не понимаете даже, кем был этот человек, — заявил он. — Каждый час своей жизни здесь, в США, всю свою научную деятельность он отдавал России. Беспредельная любовь к Родине, какой я никогда и ни у кого из эмигрантов не видел, была той почвой, на которой произрастали все выдающиеся результаты исследовательских трудов Ипатьева.

Мы, его ученики и сотрудники, — продолжал Пайнс, — приобрели или построили на берегу озера Мичиган коттеджи. Владимир Николаевич не захотел иметь собственный дом: он считал себя временно проживающим в США и с 1930 г. до дня смерти снимал номер в гостинице Чикаго. Мы все обзавелись яхтами; он отказался и от этого. Он не имел даже собственной автомашины, которую в США считают своего рода визитной карточкой.

Ипатьев жил Россией, а русские платили ему нарочитым забвением. Особенно меня возмущает, как в СССР отнеслись к столетию со дня рождения ученого. В июне 1967 г. мы пригласили пятерых ученых из СССР, взялись оплатить их поездку. Но их к нам не пустили. Что Вы на это скажете?»

А я ничего не мог ответить, разве что добавить к этому печальному факту другие. Скажем, когда готовилось юбилейное издание о развитии науки и техники в СССР с 1917 по 1967 г., я написал статью о вкладе Ипатьева в органическую химию и решил, наряду с портретами других крупных химиков, дать и его фото. В верстке книги портрет еще был. Но вдруг меня срочно вызвали в издательство и предложили немедленно сочинить какой-нибудь текст, чтобы заполнить место, где была фотография, которую решили (кто?) изъять.

Да, Пайнс был прав: чем популярнее становилось имя Ипатьева в мире, тем активнее оно вытравлялось у нас в стране.

⁸ Ипатьев В. И. Цит. соч. С. 483—484.



Надгробье на могиле В. Н. и В. Д. Ипатьевых.

С Пайнсом мы расстались друзьями. Он заметно смягчился, получив в подарок две мои книги, изданные в 1964 г.⁹ В них впервые после тридцатилетнего перерыва не только упоминалось имя Ипатьева, но и детально анализировался его вклад в возведение фундамента каталитической химии. Со своей стороны, Пайнс подарил мне два тома воспоминаний Владимира Николаевича «Жизнь одного химика».

В 1967 г. вместе с двумя соавторами я подготовил научную биографию Ипатьева, которая была утверждена к изданию редколлегией серии «Научно-биографическая литература». В том же году рукопись была представлена в издательство «Наука» и... через два года возвращена с устным отзывом: «интересная вещь, но в ее публикации отказано». Кем? Искать конкретных запретителей было бесполезно: 1967 год — это уже не 1964-й. Оттепель кончилась, мороз усиливался. А как жалко! За 20 с лишним лет, прошедших с тех пор, у Ипатьева, даже

ушедшего из жизни, можно было многому поучиться.

«Имя нашего выдающегося соотечественника Владимира Николаевича Ипатьева, на котором в течение последних 22, а до того еще 30 лет лежала тень забвения, должно вернуться в нашу науку», — пишет академик-секретарь Отделения общей и технической химии, вице-президент АН СССР О. М. Нефедов¹⁰. 13 марта 1989 г. Отделение решило ходатайствовать перед Общим собранием Академии наук об отмене постановления от 29 декабря 1936 г., исключившего Ипатьева из Академии, и учитывая его выдающийся вклад в развитие химии, предложило учредить премию им. В. Н. Ипатьева, присуждаемую Академией наук СССР и Национальной академией США советским и иностранным ученым за выдающиеся работы в области химии и химической технологии. Ходатайство Отделения поддержано Президиумом АН СССР; окончательно вопрос будет решен в марте на Общем собрании АН СССР.

Если бы все это стало реальностью, можно было бы говорить о торжестве справедливости, хотя и с полувековым опозданием.

⁹ Кузнецов В. И. Развитие учения о катализе. М., 1964; Он же. Развитие каталитического органического синтеза. М., 1964.

¹⁰ Поиск. 1989. № 8. С. 5.

С.В.Зонн Деградация аграрных ресурсов

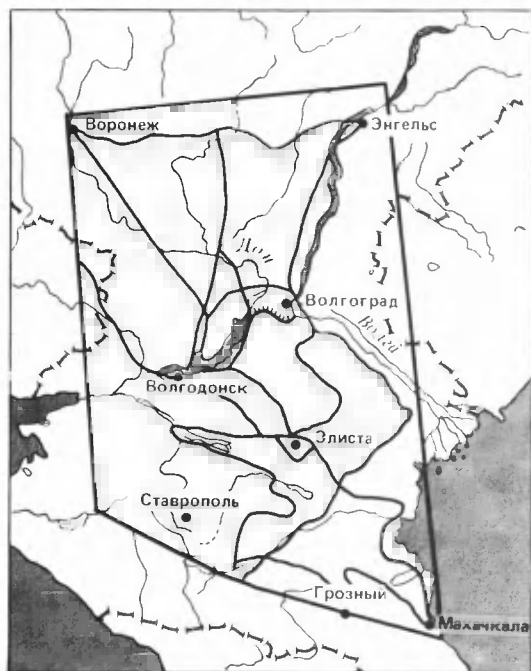


Сергей Владимирович Зонн, доктор географических наук, старший научный сотрудник Института географии АН СССР. Специалист в области почвоведения и физической географии. Более 50 лет занимается природными ресурсами юга и юго-востока Европейской части СССР, в последние годы с применением космических снимков. Автор многих монографий, в том числе: *Природные ресурсы юго-востока Европейской части СССР*. М., 1966; *Географо-генетические аспекты почвообразования, эволюции и охраны почв*. Киев, 1989.

ДОЛГИЕ годы нас утешали статистические сводки о неуклонном повышении производительности сельского хозяйства, что никак, впрочем, не сказывалось ни на наших столах, ни на закупках сельскохозяйственной продукции за рубежом. Подлинные результаты землепользования за последние 50—60 лет (время действия и последствия сталинского плана преобразования природы) в деталях были неизвестны даже тем, кто занимался природными, и в том числе аграрными (почвенными, водными, растительными), ресурсами — ведомства тщательно хранили свои секреты. Но за последние годы лед заметно тронулся — нам, сотрудникам лаборатории географического дешифрирования, была поручена оценка состояния современного землепользования и его соответствия природным условиям (с использованием космических снимков), а также выработка эколого-географических мероприятий, способствующих рациональной эксплуатации и мелиорации аграрных ресурсов.

Первым районом, где эта работа была выполнена, стала юго-восточная часть Европейской территории СССР (в дальнейшем для краткости мы будем именовать ее юго-востоком ЕТС). Этот регион, покрытый сухими степями, полупустынями и даже пустынями, издавна относят к зоне рискованного земледелия из-за нередких здесь засух. Полигон комплексных географических исследований (показан на схеме) занял площадь около 30 млн га — это в основном междуречье Волги и Дона, Воронежская, Тамбовская, Саратовская, частично Ростовская, Волгоградская области, Ставропольский и Краснодарский края.

Выбор юго-востока ЕТС определялся наибольшей деградацией его аграрных ресурсов, связанной с необоснованным изменением структуры землепользования, крупным ирригационно-гидротехническим строительством, нерациональными принципами и техникой орошаемого земледелия, недостаточным контролированием развития промышленно-городских агломераций и т. п.



Район комплексных географических исследований на юго-востоке Европейской части СССР с маршрутами вертолетных облетов территории.

Все это и привело к резкому, а местами и критическому ухудшению агроресурсов, а также условий жизни населения. Когда-то природный потенциал территории обуславливал четкую аграрную специализацию различных частей юго-востока ЕТС, а также расселение крестьян, однако за несколько десятилетий и то и другое коренным образом изменилось.

ПРИРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЮГО-ВОСТОКА ЕТС

Наиболее обеспечена влагой (400—500 мм атмосферных осадков в год) северо-западная и западная (задонская) части территории с плодородными черноземами и луговыми почвами долин рек и балок. Немало здесь и рек — Дон, Калитва, Чир и др. Сегодня все они, кроме Дона, относятся к категории малых. До недавнего времени относительно редкими (1—2 раза в десятилетие) были засушливые годы, когда водный и термический режим почв и атмосферы резко ухудшался. Почвенную засушливость иногда усиливают и малоснежные зимы. Тем не менее еще в конце прошлого века

эта часть юго-востока ЕТС была зоной относительно устойчивого «сухого» земледелия на черноземах с урожаями зерновых до 15—20 ц/га, животноводства на суходольных и пойменных лугах.

Южнее расположена зона неустойчивого увлажнения с осадками 250—350 мм (редко 400 мм). Почвы преимущественно темно-каштановые с небольшим (до 40 %) содержанием гумуса, часто солонцеватые с солонцами. У маловодных рек узкие долины, поэтому луговых пойменных почв очень мало. Неустойчивое увлажнение усиливается ветрами — зимой сдувающими снег в балки и овраги, а летом иссушающими почвы.

В соответствии с природными условиями в прошлом здесь преобладало хуторское хозяйство — крупных сел было немного — зерново-животноводческого направления. Оно базировалось на естественных пастбищах и было рассредоточено в целях поддержания их возобновляемости и производительности. В начале века здесь уже широко применялась полезная мелиорация, влага сберегалась паровой системой земледелия. Орошали поля в основном прудовыми и грунтовыми водами. Под пашню отводили не более 30—40 % площади, остальные поля «отдыхали», восстанавливая структуру почв и накапливая влагу.

Самая юго-восточная часть района представлена наиболее засушливой — полупустынной — зоной с бурыми почвами. Небольшой участок пустыни расположен недалеко от Каспийского моря — в приморско-прикумской части. В год здесь выпадает не более 200—250 мм осадков, а в юго-восточной части Калмыкии — 150 мм и менее.

В свою очередь полупустынная зона четко делится на две части: северная — это суглинистая возвышенно-низменная территория (Ергенинская возвышенность и западная часть Прикаспийской низменности) со светло-каштановыми, солонцеватыми, лугово-лиманскими почвами, солонцами и солончаками. Солонцы на отдельных участках занимают от 15—20 до 40—60 % площади. Солевые горизонты залегают на глубине 40—100 см от поверхности и имеют мощность более 10 м.

Южная часть — Черные земли — покрыты песчаными, светло-каштановыми и бурыми полупустынными почвами, барханно-грядовыми песками и солончаками на месте бывших озер. Это территория преимущественно зимнего выпаса скота — снежный покров здесь почти отсутствует (отсюда и название).

Население здесь всегда было редким, преобладало отгонно-овцеводческое хозяй-

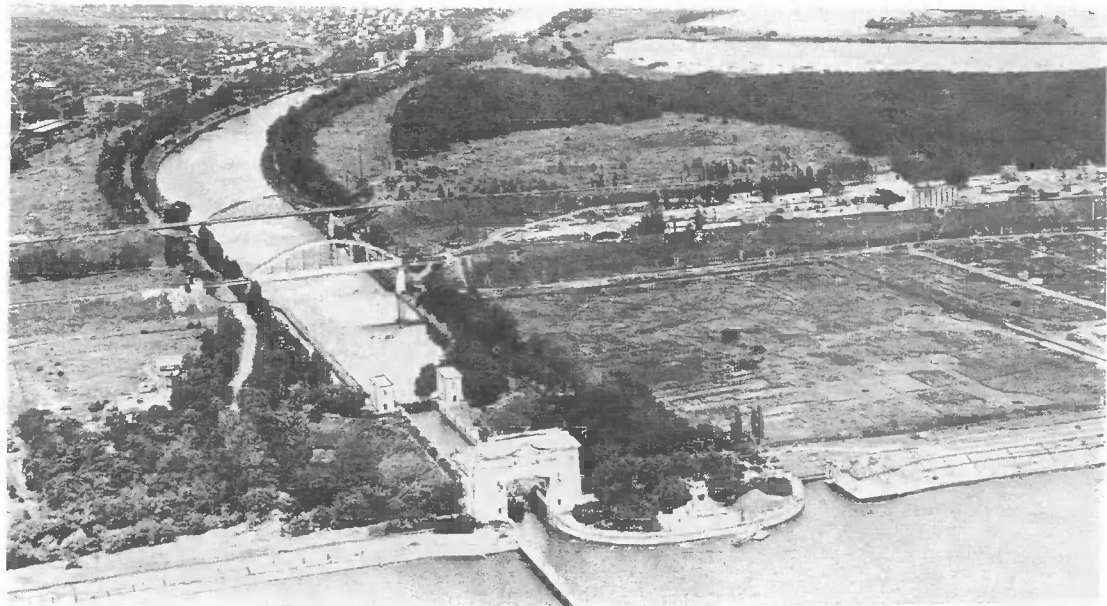


Фрагмент снимка черноземной части района с американского спутника «Ландсат». Территория почти целиком занята полями.



- | | | | |
|---|---|---|----------------------------|
|  | Границы пахотных полей |  | Гидрографическая сеть |
|  | Ранее распахиваемые, неиспользуемые земли |  | Государственная лесополоса |
|  | Населенные пункты |  | Автомобильные дороги |

Картосхемы, составленные по космическим снимкам масштаба 1:200 000 и уточненные по данным наземных наблюдений и вертолетных облетов: участка бассейна р. Калитвы (Ростовская обл.) и колхоза «Белая глина» [Краснодарский кр.]. В бассейне Калитвы рельеф местности учитывался при землепользовании, в «Белой глине» поля нерационально пересекают овраги и балки, что способствует эрозии.



У впадения Волго-Донского канала в Волгу.
Здесь и далее фото А. А. Васильева.

ство. Очаги земледелия были приурочены лишь к «балкам» Ергенинской возвышенности. В этих двух южных зонах земледелие находилось в полной зависимости от климата и только раз в 3—4 года урожаи были относительно высокими — до 15—20 ц/га, в сухие же годы сколько посеешь, столько же пожнешь. Погодные условия определяли и результаты животноводства — богатый крестьянин становится нищим из-за падежа скота при зимней бескормице.

Поскольку засухи всегда были бичом сельского хозяйства на юго-востоке ЕТС, именно здесь были разработаны теоретические основы засухоустойчивого земледелия и пастбищного животноводства. Здесь же зародились агролесомелиоративные приемы накопления влаги в почве и системы земледелия, непременно включающие пар, а также длительный «отдых» почв.

Не останавливаясь подробно на истории научных исследований в этом регионе (это тема для отдельной статьи), вспомним только, что в черноземной части юго-востока ЕТС, в Каменной степи, в 1892 г. был создан Докучаевский оазис — участок искусственной лесостепи, где разрабатывались меры для борьбы с засухами и эрозией почвы¹. Знаменитыми русскими почвоведом

и лесоведами В. В. Докучаевым, Н. А. Димо, Б. А. Келлером, Г. Н. Высоцким в этом районе было сделано несколько открытий, в результате которых сложилось представление о водосберегающей системе земледелия, включающей глубокую обработку почвы, обязательные полосные лесонасаждения и т. п. Мне довелось видеть, как работами Г. Н. Высоцкого, обосновавшего древесно-кустарниковый тип степных полосных лесонасаждений, воспользовались на среднем западе США, где влагу на огромных степных пространствах сохраняют полосы, созданные по его методу. В нашей же стране эти достижения русской науки оказались полузабытыми и вскоре рациональные методы землепользования были вытеснены решительными, но научно необоснованными преобразованиями.

ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИРОДЫ

Первые (после революции и засух начала 20-х годов) съемки почвенного покрова, в которых мне пришлось участвовать, были проведены в 1929 г. — они охватили весь юго-восток ЕТС до предгорий Северного Кавказа и показали первые признаки деградации аграрных ресурсов, широкое распространение засоленных и рыхлых песчаных почв на юге, а также ухудшения качества пастбищ из-за переизбытка скота.

С созданием колхозов увеличилась доля пахотных земель, площади лугов и пастбищ сокращались. Эта тенденция усилилась

¹ Скачков Б. И. Долгая жизнь Докучаевского оазиса // Природа. 1982. № 5. С. 2—11.



Лесные полосы. Расстояние между ними столь значительно, что они не обеспечивают задержание снега и не сдерживают эрозию. На переднем плане — строящийся канал Волга — Дон-2.

при восстановлении сельского хозяйства после войны.

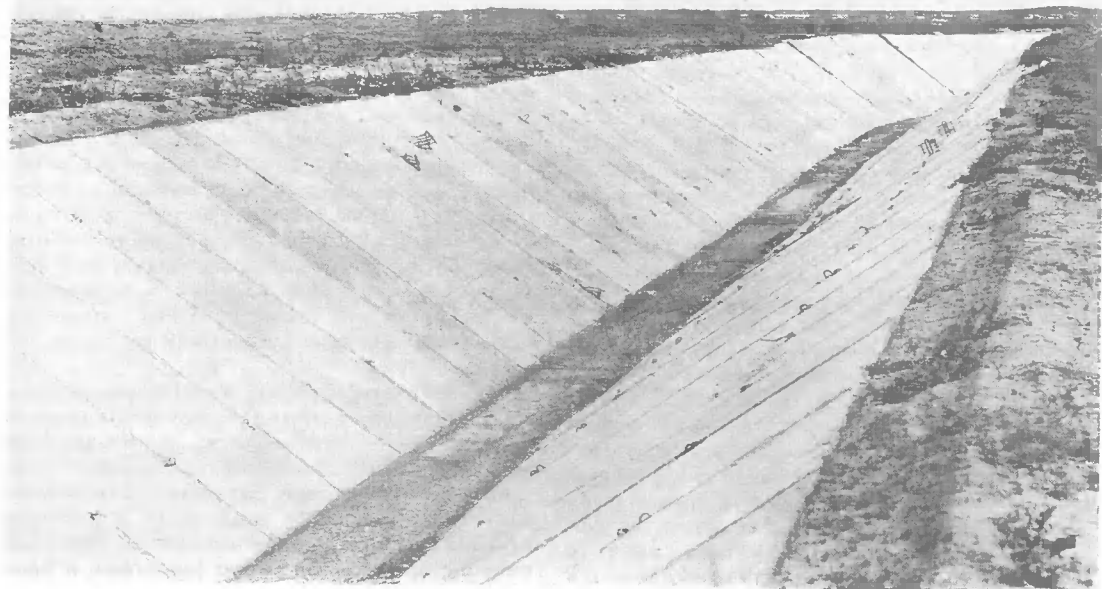
После засухи 1948 г. было принято второе постановление правительства по борьбе с засухой с помощью создания государственных лесных полос — крупных полезащитных лесонасаждений и развития орошения (первое относится еще к 1932 г.). Однако в качестве обязательных способов осуществления этой борьбы тем же постановлением предписывались мероприятия, предложенные Т. Д. Лысенко: посадки лесных полос и промышленных дубрав квадратно-гнездовым методом (на 1 м² высаживались 20—30 желудей, по 3—5 в каждую лунку).

Этот ныне почти забытый (и отмененный в 1953 г.) метод посадок, игнорировавший внутривидовую борьбу за выживание в условиях малой обеспеченности территории влагой, оказался неэффективным. Не оправдали себя и лесные полосы, посаженные по посевам зерновых. Посадки на светло-каштановых почвах, на которых дубы и другие древесные породы в этом районе никогда не росли, отмерли к 2—3-летнему возрасту.

Правда, кампания по увеличению лесонасаждений принесла и положительные результаты, в основном благодаря работе

Комплексной экспедиции по полезащитному разведению при Президиуме АН СССР под началом выдающегося ботаника и лесовода В. Н. Сукачева, организованной в 1949 г. в связи с пресловутым сталинским планом преобразования природы степей и полупустынь Европейской части СССР. Мне также пришлось работать в этой экспедиции. Ее участниками был разработан метод посадок, учитывающий засушливость почв (3 желудя высаживались в отдельные лунки на расстоянии 3 м). Метод оказался рациональным и используется поныне. В целом лесные полосы на черноземах и сегодня произрастают нормально, на каштановых имеют предельный возраст 15—20 лет. Однако их площадь не более 30 % от необходимой для юго-востока ЕТС. Дело в том, что внимание к лесополосам ослабло в 60-е и 70-е годы. Наряду с этим происходило дальнейшее расширение пашни, выросло число тракторов и комбайнов (типа «Кировец» и «Дон») на единицу площади, неизбежно уплотняющих почвенный покров.

В регионе стали проводиться мелиоративные мероприятия разного характера. Были построены несколько крупных водохранилищ: самое большое Цимлянское — в 50-х годах, Чограйское и Константиновское — в 70-х, сооружен Волго-Донской судоходный и ирригационный канал, сеть оросительных систем. В 60-х годах началась распашка супесчаных и песчаных Черных земель. Одновременно в 2—3 раза увеличивалась нагрузка скота на единицу площади.



Участок сооружаемого канала среди полупустынных территорий.

Признаки деградации пастбищ и пахотных земель стали еще более заметными, поскольку в это же время усилилась и засушливость территории¹ (засухи могут повторяться 2 раза в 3—4 года). Распашка под зерновые светло-каштановых почв ничего не дала — более 40 лет урожайность здесь не превышает 7—10 ц/га, т. е. ежегодно возвращаются только семена. Особенно ухудшились пастбища — они не только выбиты скотом, но и местами засолены, на значительной площади подверглись дефляции. Кризисное состояние аграрных ресурсов маскировалось бодрыми сводками и усугублялось разного рода экспериментами — укрупнением и разукрупнением хозяйств, созданием новых агротехнологий. Официально такие реконструкции провозглашались очередными этапами подъема сельского хозяйства, на деле же аграрные ресурсы деградировали еще сильнее, резко упала производительность почв.

В 60-е годы программа обводнения и орошения территории, сочетавшаяся с запланированной интенсификацией сельского хозяйства, была усовершенствована. Этот новый этап начался с широкого ирригационного строительства — между водохранилищами сооружались магистральные каналы. Уже тогда было ясно, что основные трудности будут связаны с первичным и вторичным засолением почв и их неблаго-

приятными гидрофизическими свойствами — уплотнением и малой фильтрационной способностью. Эти свойства почв региона в широком масштабе были выявлены при картографической инвентаризации территории с использованием космических снимков, полученных из Госцентра «Природа» при Главном управлении геодезии и картографии².

Кроме того, из-за отсутствия на большей части юга территории естественного дренажа, был очевиден быстрый подъем грунтовых вод, обогащенных солями, особенно опасный для каштановых и бурых полупустынных почв. Все это, однако, при осуществлении программы в должной мере не учитывалось.

В результате именно мелиоративная сторона дела, т. е. улучшение почвенных условий испытанными способами борьбы с засолением и уплотнением почв, а также подбор наиболее подходящих к здешним условиям сельскохозяйственных культур, ослабилась. Подобные просчеты при явно завышенных оросительных нормах усилили деградацию почв и в целом богарного (неполивного), а еще в большей мере орошаемого земледелия.

Эти тенденции в деталях выявились при оценке аграрных ресурсов, проведенной в 1985—1988 гг. в нашей лаборатории.

² Атлас природных ресурсов Калмыцкой АССР, М., 1980.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ

В нашем распоряжении оказались снимки юго-востока ЕТС с американского спутника «Ландсат», а позднее и советских космических аппаратов. Выяснилось, что полученные с высоты более 200 км фотоизображения поверхности с довольно высокой степенью точности отражают современное состояние аграрных ресурсов. Для их дешифрирования в нашей лаборатории был использован ранее разработанный совместно с Госцентром «Природа» для территории Калмыцкой АССР метод выявления различных типов земельных угодий, дополненный более подробной классификацией³. Суть ее вкратце заключается в том, что по цветовым признакам, а также по конфигурации отдельных участков можно выявить поля, занятые сельскохозяйственными культурами (на снимках они светлые), вспаханные поля или пары (темные на снимках), луга и пастбища (серые и крапчатые на снимках) и т. п. Интересно, что на фотографиях выделяются даже пашни и залежи, существовавшие 50—60 лет назад, — теперь это малопродуктивные пастбища.

Земельные угодья разного типа, выделенные по снимкам, были дополнены материалами проведенных в этом районе наземных исследований, и в дальнейшем объединены в более крупные территориальные единицы со сходной степенью освоенности и деградации. Одним из результатов первого этапа работ стали карто-

схемы землепользования участков площадью более 10 тыс. га. На них показаны земли различного сельскохозяйственного использования, а также основные элементы рельефа — речная и овражно-балочная сеть. По этим схемам можно судить о соответствии землепользования природным условиям (не только рельефу, но, например, и направлению господствующих ветров, от которого во многом зависят процессы эрозии и дефляции). Второй этап нашей работы включал корректировку картосхем при помощи съемок и наблюдений с вертолета. В частности, мне только в 1988 г. пришлось облететь несколько миллионов гектаров земель.

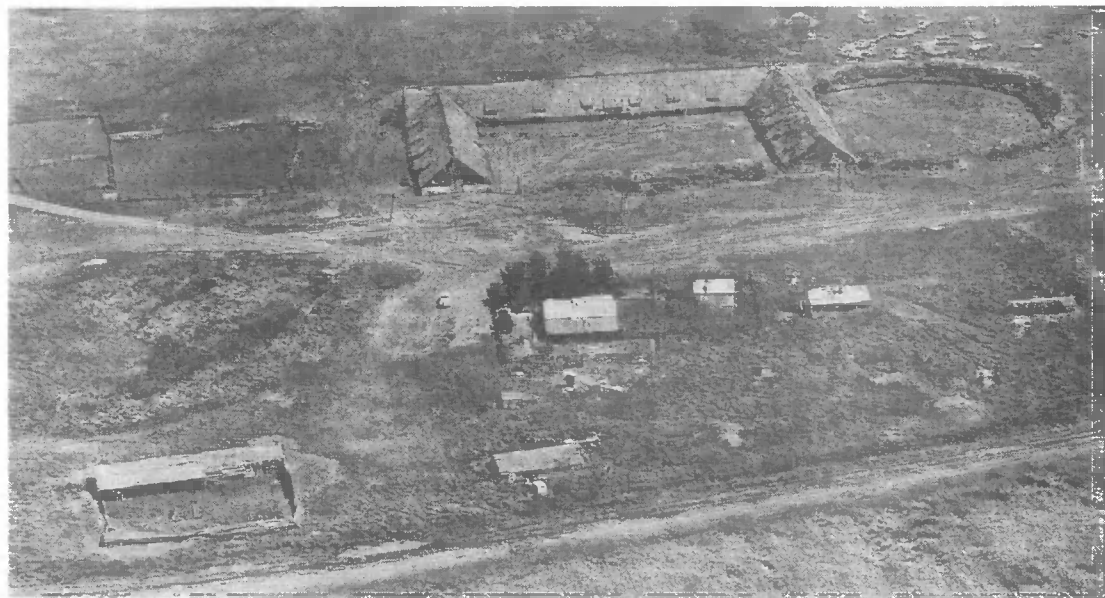
Полученные нами данные убедительно доказывают предельно упрощенную «зерновую» направленность использования земельных ресурсов, противоречащую рациональному ведению хозяйства. Для примера можно привести сведенные в таблицу данные о соотношении площадей, занятых пашней, эрозионной сетью (оврагами и балками), а также лесных насаждений на шести модельных участках в зоне преобладающего возделывания зерновых на черноземах (подсчеты проведены М. А. Ермошиной).

Характерно, что здесь (как и во всей черноземной зоне юго-востока ЕТС) преобладают крупные поля, засеянные зерновыми. Одной только их обработкой с помощью тяжелой техники «закладывается» усиление процессов эрозии. Из-за отсутствия естественных и искусственных барьеров между полями увеличивается эрозионный сток — перемещение частиц водой и ветром. Вдобавок машины уплотняют почвы, ухудшая

³ Зонн С. В. // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1989. № 1. С. 49—62.

Распределение земель на шести модельных участках черноземной зоны

Местоположение участка	Общая площадь, тыс. га	Площадь, % от общей				Площадь полей, га		
		пашни	лесных насаждений	населенных пунктов	эрозионной сети	максимальная	минимальная	средняя
«Белая глина», Краснодарский кр.	40	96,7	—	0,7	2,56	236	32	80—100
«Беловодск», Ворошиловградская обл.	39,6	73	1,6	1,8	23,9	256	8	75—100
«Калитва», Ростовская обл.	41,2	76	—	1,1	22,3	270	60	120
«Чертково», Ростовская обл.	42	71	3,7	0,2	25,1	180	56	80—100
«Шахты», Ростовская обл.	41,2	64,1	—	4,6	23,2	200	16	75—100
«Оскол», Воронежская обл.	40	77,4	2,8	0,6	19,4	172	16	80—100



Сухая степь в восточной части Ростовской области. За животноводческой фермой — выбитые скотом пастбища.

40 ЛЕТ СПУСТЯ

их структуру, создают на полях микро-рельеф. На модельных участках почти отсутствуют посевы многолетних трав, улучшающих плодородие и структуру почв. Из-за этого животноводство не обеспечено корма-ми.

В целом же на черноземных почвах 80—86 % площадей занято однородной пахотой, удельный вес сенокосов, пастбищ, лесных насаждений, садов чрезвычайно низок. Размеры полей чаще всего никак не зависят от рельефа и пестроты почвенно-го покрова и составляют в среднем 80—120 га (а нередко превышают 200 га).

На модельных участках сухой степи и полупустыни пашней занято около 25—40 % их площадей. Остальная часть занята пастбищами или сенокосами, производительность которых очень низка. Расширение сельскохозяйственного производства в этих зонах неизбежно связано с орошением, травосеянием, гипсованием, подкислением солонцовых почв и по возможности рассоле-нием земель. О трудностях борьбы с этими явлениями уже упоминалось. Они хорошо выявляются сегодня, через 40 лет после сооружения Волго-Донского канала и Цимлянского водохранилища, считавшихся в свое время грандиозными достижениями гидротехники и мелиорации.

Обнаружены прямые и косвенные не-гативные воздействия гидротехнических сооружений на рельеф, почвы и биохими-ческий состав вод в них. Например, из-за того, что орошение полей водами Дона проводилось по непомерным нормам — 5—7 тыс. м³/га в год, было вторично засо-лено 10—20 % земельных угодий, ныне исключенных из хозяйственного использова-ния. Воды Цимлянского водохранилища вместе с орошавшими поля водами промочи-ли толщу лессовидных суглинков и вызвали просадки грунта, оползни, смыв плодород-ных горизонтов почв. В результате водо-хранилище заилилось, образовались много-численные мелководья — их уже частично обваловывают, чтобы провести осушитель-ные работы. Судоходная часть водохрани-лища занимает не более половины его общей площади. К тому же прибрежные го-рода, поселки и фермы, а также удобрения с полей так загрязнили воду, что она стала непригодной для питья и даже бытовых нужд. Особенно пострадали Цимлянск, Вол-годонск, Калач-на-Дону и многие сельские населенные пункты. Насыщенность вод орга-ническим веществом достигает 4—5 г/л, и потому возникает вопрос об их возможном вредном влиянии на почвы при орошении. Разложение и минерализация органического вещества с выделением CO₂ может способ-ствовать засолению — образованию в них соды при наличии в почвах обменного натрия.

Возможно образование соды («растворяющей» корневую систему растений) в южных зонах черноземных и темно-каштановых почв на возвышенных территориях востока Ростовской и Волгоградской областей. Между Цимлянским и Константиновским водохранилищами в пределах орошаемых массивов пятна содообразования уже имеются. Пока широкого распространения этого процесса не произошло, орошение, по нашим подсчетам, должно вестись по норме 2—3 тыс. м³/га в год. При этом поливы должны быть разными в зависимости от культуры. Орошение зерновых целесообразно только в периоды критического недостатка влаги.

В настоящее время севернее действующего канала строится новый 64-километровый канал Волга — Дон-2, основной целью которого также является орошение. Больше половины канала уже построено, но пока не утихают споры о его целесообразности. Прилегающая к трассе канала территория безусловно нуждается в воде, но рациональное его использование возможно лишь при разумных нормах орошения. Существует ряд проектов оросительных систем, которые могут позволить оросить дополнительные площади и улучшить производительность пастбищ периодическими поливами. По моему мнению, было бы целесообразно выделить площади для орошения, чтобы создать устойчивую кормовую базу в Калмыкии между подножьями Ергеней и Сарпинскими озерами.

Наиболее рискованно орошение к югу от Волгограда, в пределах Прикаспийской низменности, — нередко такие опыты заканчивались вторичным засолением и исключением земель из сельскохозяйственного использования. Здесь главная причина неудач — отсутствие естественного дренажа и заполнение редких понижений рельефа солеными водами сверх всякой меры. Даже приволжская полоса шириной 20—30 км дренируется очень слабо из-за малого оттока вод из глинистых и солонцовых почв. Орошение в таких условиях нередко приобретает, так сказать, кочевой характер из-за вторичного засоления. Опыт рисосеяния в Калмыкии не оправдал себя именно из-за невозможности промывать соли из почв. Орошение здесь возможно лишь на небольших участках — дождеванием, увлажняющим только верхние 30—40 см почв, наиболее подходящие культуры — кормовые тра-

вы, овоще-бахчевые культуры, кукуруза, горчица. Нормы орошения должны быть максимально низкими. Пора бы вновь возродить оправдавший себя еще до войны метод гипсования солонцов при орошении.

В целом для борьбы с засолением, думается, более всего уместен принцип — никаким образом не способствовать подъему солей в верхние горизонты. Вот почему необходимо именно дождевание, при котором промачивается лишь верхний слой.

Опыт Аршано-Зельменского стационара лаборатории лесоведения АН СССР доказал возможность лиманного орошения на естественных понижениях, заполняющихся тальными водами, и орошения на местном стоке вод с Ергеней. На опытных участках были выращены лесные и плодовые насаждения и под их защитой созданы посевы трав при минимальном орошении.

Особая проблема — закрепление Черных земель и других песчаных массивов. Они настолько выбиты и подвержены дефляции, что требуют целого комплекса мер для их закрепления, в частности травянисто-кустарниковой растительностью. Задача трудная, но разрешимая.

Наконец, пора решить и проблему оптимального расселения, без которого и сельское хозяйство юго-востока ЕТС (как впрочем, и других районов нашей страны) не может быть рациональным. Крупные совхозы и колхозы, как и крупные поля, не всегда соответствуют особенностям природных ресурсов. Представляется, что поощрение хуторских хозяйств на небольших природных выделах было бы выходом из создавшейся ситуации и помогло преодолеть деградацию аграрных ресурсов (не только растительных и почвенных, но и водных). В этом регионе водная проблема стоит как нигде остро, так как он является аккумулятором всех отходов Волги и Дона. От успешного решения проблемы загрязнения речных и грунтовых вод зависит в конечном счете и рациональное использование аграрных ресурсов.

Заканчивая на этом краткий обзор географических проблем юго-востока ЕТС, хотелось бы отметить, что его цель — привлечь внимание естественников и практиков к тяжелому состоянию аграрных ресурсов страны. Требуются срочные усилия — иначе положение может стать катастрофическим.

Натурфилософские проблемы физики в 1937 году

Г. Е. Горелик,

кандидат физико-математических наук

Институт истории естествознания и техники АН СССР
Москва

В 30-годы естествознание в СССР испытывало стремительно нарастающее философско-политическое давление. Уже стихающая диктатура в государственной политике с большим или меньшим запоздыванием распространялась на все области общественной жизни. Журнал «Под знаменем марксизма» должен был осуществлять публичное взаимодействие философии и естествознания. В различных областях оно существенно зависело от внутреннего и внешнего положения данной науки.

Конкретная ситуация в физике, которую нам предстоит рассмотреть, значительно отличается от ситуации, скажем, в биологии. Можно говорить об общем характере событий, но не о типовом проекте. Как бы ни была авторитарна режиссура и как бы ни были типичны действующие лица, сильные индивидуальности «исполнителей» оказывали неустрашимое влияние на результирующий спектакль в том театре дель арте, который называется «научная жизнь».

Герои пьесы «Философия и физика» в соответствии с ее названием отчетливо делились на две категории. Одну составляли философы-профессионалы, более или менее невежественные в физике, более или менее искренно послушные идеологическому тоталитаризму (за немногими исключениями). Но представители этой группы, при всех их карательных наклонностях, могли претендовать не более, чем на вторые роли в философско-научном взаимодействии. А первые история поручала людям, которые считались (и в определенном смысле были) естествоиспытателями — профессионалами. Только их участие в философско-физических

дискуссиях давало в итоге не просто слово, но и дело — оргвыводы разной силы.

Понять поведение участников философско-физических дискуссий невозможно в отрыве от содержательной стороны развития физики. Как известно, в первую треть XX в. в физике происходила научная революция — быстрое и бурное изменение ее понятийного аппарата (связанное с теорией относительности и квантовой теорией). В подобных условиях особое значение имеет замечательный постулат Планка, который он сформулировал, исходя из своего богатого жизненного опыта: «Обычно новые научные истины побеждают не так, что их противников убеждают и они признают свою неправоту, а большей частью так, что противники эти постепенно вымирают, а подрастающее поколение усваивает истину сразу»¹. Практические следствия из этого постулата вытекают разные для ученых, различающихся своими мировоззрениями и в физико-методологической, и в социально-этической сферах.

Одни (к ним относился и Планк) «молча» переживают внутреннюю драму или даже трагедию, мучаясь тем, что их научные идеалы обнаружили свою ограниченность.

Другие, будучи не в силах отказаться от интеллектуальных инструментов, верой и правдой прослуживших долгое время, стараются разубедить своих коллег.

Творчески наиболее сильные ученые осмыслением предшествующей, «старой» физики и критическим анализом новой вносят существенный вклад в «классификацию» первой и очищение от пережитков второй; примером может служить завершающая половина научной биографии Эйнштейна.

Однако приверженность к образу физической мысли, приобретенному в начале

© Горелик Г. Е. Натурфилософские проблемы физики в 1937 году.

Расширенный вариант статьи будет опубликован в журнале «Вопросы истории естествознания и техники» в 1990 г.

¹ Планк М. Избр. тр. М., 1975. С. 656.

научной карьеры, может у некоторых ученых проявиться в иной форме. Обнаружив, что «законными» научными средствами не удается повлиять на коллег, и будучи не в силах признать свой отрыв от переднего края науки и отойти в сторону, они расширяют свой агитационный арсенал, пользуясь всеми идеологическими ресурсами временного им общества.

Такой была эволюция крупных физиков-экспериментаторов, нобелевских лауреатов Ф. Ленарда и Й. Штарка, которые отвергали теорию относительности как «неарийскую» физику, как «проявление азиатского духа».

В Советской России 30-х годов тоталитарная идеологизированность и политизация общества была не меньшей, чем в Германии, но социокультурные ресурсы были иными. Соответственно иные нефизические аргументы выдвигались против новых физических теорий.

До начала 30-х годов философские обсуждения физики, порой весьма горячие, имели в общем доброкачественный характер. У физиков-специалистов не было причин, которые побудили бы их к философским выступлениям в печати.

Вехой в эволюции философско-физических дискуссий можно считать первое явное вмешательство высшей политической власти — Постановление ЦК ВКП(б) от 25 января 1931 г. «О журнале „Под знаменем марксизма“». С 1931 г. журнал «Марксизм и естествознание» стал выходить под названием «За марксистско-ленинское естествознание». Резко усилившееся наступление философии на новую физику (и с целью нападения, и с целью защиты) вынудило физиков-специалистов вступить в полемику².

Среди советских физиков наиболее видными противниками новой физики были трое — А. К. Тимирязев (1880—1955), Н. П. Кастерин (1869—1948), В. Ф. Миткевич (1872—1951).

Наибольшей философской активностью отличался А. К. Тимирязев — профессор физики МГУ. Как и его отец (знаменитый биолог), он безоговорочно поддержал Советскую власть, в 1921 г. вступил в партию (по решению ЦК — без кандидатского стажа). Особых научных достижений за ним не

числится, если не считать его учебника статистической физики «Кинетическая теория материи». В этой книге, даже в 3-м издании 1939 г., скупые философские замечания, сделанные в самом начале и конце, выглядят лишь ритуальными украшениями. В области своей профессиональной компетенции, где он обошелся одним только соотношением из квантовой физики — формулой де Бройля, Тимирязев не употреблял грозных идеологических аргументов. Он ограничился легким брюзжанием по адресу «многих из современных физиков-теоретиков, для слуха которых ненавистно само слово материя» (раз они название «Кинетическая теория материи» заменяют расплывчатым термином «Статистическая физика»). «Современной формалистической» (читай — квантовой) физике он противопоставил специальный параграф «Соотношение де Бройля в истолковании Дж. Дж. Томсона», основанном на существовании неких «диполей... которые можно рассматривать как результат падения электрона на протон»³. (Это в 1939-м, напомним, году!)

Однако когда он говорил о квантовой механике и теории относительности в целом, ему уже не хватало физических слов и он брался за философские. В журнале «Под знаменем марксизма» было опубликовано около двадцати его статей, посвященных идеализму в физике.

Нельзя, впрочем, считать философские соображения Тимирязева просто взятыми напрокат для прикрытия голой сути его физического мировоззрения. Нет оснований сомневаться в искренности его социальных симпатий и антипатий. Играла свою роль также его оппозиция к академической науке. Поэтому философско-социальные одежды в некотором смысле прирастали к его физическому мировосприятию.

Совсем иной была позиция Н. П. Кастерина, которую Тимирязев пропагандировал как подлинно материалистическую, но которую сам Кастерин выражал исключительно в физико-математических понятиях. Его острое неприятие квантово-релятивистской физики вполне оформилось уже в дореволюционные годы, когда он подготовил статью «О несостоятельности специального принципа относительности Эйнштейна» и когда пытался на основе гидродинамических (точнее, эфирнодинамических) представлений построить теорию, заменяющую теорию относительности и квантовую механику. В советское время, вплоть до конца 30-х годов,

² См., напр.: Там м. И. Е. О работе философов-марксистов в области физики // ПЗМ. 1933. № 2. С. 220; Вавилов С. И. Старая и новая физика // Памяти Карла Маркса. М., 1933. С. 207—220; Иоффе А. Ф. Непрерывное и атомное строение материи // Памяти Карла Маркса. С. 247—253; Он же. Развитие атомистических воззрений в XX веке // ПЗМ. 1934. № 4. С. 52—68.

Тимирязев А. К. Кинетическая теория материи. 3-е изд. М., 1939. С. 144.

усердно следовал избранной программе. Но несмотря на дружное и нескрываемое неприятие его трудов специалистами⁴, он никогда не привлекал соображений, окрашенных в цвета победившей идеологии и не поддавался, как говорится, на провокации. А провокации рождались жизнью в достаточном количестве.

Например, в ходе обсуждения работ Кастирина в Академии наук, состоявшегося в декабре 1936 г., в ответ на критические замечания Тамма и Френкеля выступил Т. М. Свиридов: «Я хотел сказать, что две точки зрения будут существовать до тех пор, пока будут две системы общества. И поэтому имеет место та враждебная критика, которую мы слышали сегодня, она враждебна по своему существу и она отнюдь не преследует цели выяснения вопроса...» Реплика С. А. Чаплыгина: «Я думаю, что лучше этого не говорить»⁵. Здесь следует заметить: академик Чаплыгин (1869—1942) весьма сочувственно относился к самим устремлениям Кастирина (обосновать новую физику с помощью аэродинамики), но подобно последнему вовсе не склонен был внедрять жизнь в науку.

Обратимся, наконец, к третьему и главному для нашего сюжета борцу с новой физикой. Его позиция была в некотором смысле промежуточной между двумя описанными, хотя назвать её золотой серединой язык не поворачивается. Речь идет о В. Ф. Миткевиче. Его заслуги в области электротехники были оценены избранием в 1927 г. в члены-корреспонденты, а в 1929 г. — в академики. Он участвовал в разработке плана ГОЭЛРО, в 1921—1937 г. возглавлял Особое техническое бюро по военным изобретениям Наркомата обороны.

Учитывая общую электротехническую направленность трудов Миткевича, особенно легко представить себе психологическую основу его отношения к новой физике. Все его творчество опиралось на фундамент классической электродинамики; более того, ему вполне хватало максвелловской картины с ее эфиром и силовыми линиями (технические приложения квантово-релятивистской электродинамики обнаружили гораздо позже). Всякое изменение в физическом



В. Ф. Миткевич (1872—1951)

фундаменте техник должен встречать с опаской — как бы не рухнуло все здание.

Противоядием к такому здравому смыслу может стать достаточно широкий исторический и методологический кругозор, охватывающий эпизоды истории, когда физический фундамент радикально перестраивался с сохранением прикладных и технических этажей здания науки. Однако если такой кругозор не выработан, может возникнуть естественное стремление не допускать легкомысленных (по молодости) физиков к рискованным манипуляциям с фундаментом.

Не обсуждая обоснованность такой психологической реконструкции, перейдем непосредственно к борьбе Миткевича «за фарадеев-максвелловскую установку в вопросе о природе физических взаимодействий» (так называлась его статья 1934 г. в «Сорене»). Началась эта борьба с диспута «О природе электрического тока», затеянного Миткевичем в конце 1929 г. С точки зрения его оппонента Я. И. Френкеля, поддержанного А. Ф. Иоффе и П. Эренфестом, для научной

⁴ Блохинцев Д. И., Леонтович М. А., Румер Ю. Б., Тамм И. Е., Фок В. А., Френкель Я. И. О статье Н. П. Кастирина «Обобщение основных уравнений аэродинамики и электродинамики» // Известия АН СССР. Сер. физ. 1937. № 3. С. 426.

⁵ Стенограмма выступлений по докладу проф. Н. П. Кастирина. Архив АН СССР (ААН). Ф. 2. Оп. 1 (1937). Д. 571.

дискуссии предмета, собственно, не было. Однако Миткевич в 1933 г. предпринял новую атаку, уже в стенах Академии наук, где состоялся его доклад «О "физическом" действии на расстоянии»⁶. Целью докладчика по существу было спасти эфир, старый добрый «фарадеев-максвелловский» эфир.

Отвечал Миткевичу опять Френкель, еще раз продемонстрировав бессодержательность формулировок Миткевича, унаследованных от XIX в., для уровня физики 30-х годов.

«Вы, Владимир Федорович, — сказал, обращаясь к Миткевичу, А. Н. Крылов, — старый техник, я тоже старый техник, но я вас вдвое старше. Так вот, видите ли, есть такой писатель — Козьма Прутков. Он сказал: "Кто тебе мешает выдумывать порох неподмокаемый". Кто же вам мешает выдумывать теорию ньютонова тяготения при помощи действия через непрерывную среду. Установите ее и потом рассказывайте. А так можно говорить до утра и ничего не сказать»⁷. (Переводчик ньютоновских «начал» прекрасно знал, что сам Ньютон не с легким сердцем удовлетворился действием на расстоянии.)

Замечание академика Крылова исчерпывающим образом характеризовало научную ситуацию, но оно не стало последним словом. В дискуссию решил вмешаться еще один академик, от физики гораздо более далекий, — Н. И. Бухарин:

«Я бы хотел задать тов. Френкелю два вопроса.

Владимир Федорович в своей речи поставил вопрос, связанный с некоторыми философскими теоретико-познавательными выводами, который относится к проблематике философии. Это вопрос о дуализме и недуализме между физическими и психическими явлениями, материальными и так называемыми духовными. В этой плоскости и говорил Владимир Федорович. Вы же выступили и говорили об электромагнитном поле. Я вас спрашиваю тогда, сколько, по-вашему, основных категорий? По-вашему, выходит три, и если вы вводите электромагнитное поле, которое не является материальным явлением, то оно, конечно, не является и психологическим. Следовательно, вы стоите за какую-то триаду. Так это или нет? С другой стороны, это не материальная категория. Я думаю, что по всем правилам какой угодно — и диалектической и

формальной логики — это какая-то третья категория. Что это за третья категория?

Второй вопрос. Считаете ли вы вопрос о пространстве атрибутами чего-то, материи, и если вы считаете это не атрибутами, а чем-то самостоятельным, то считаете ли вы за самостоятельную субстанцию? С другой стороны, если вы считаете, что это атрибуты, то считаете ли вы возможным существование атрибутов в чистой неприкосновенности и оторванности от того, атрибутами чего они являются?»⁸.

Приступая к ответу, Френкель назвал вопросы Бухарина «совершенно законными и правильными», с чем согласиться очень трудно. Бухарин, видимо, не подозревал, что Миткевич под словом «материя» понимал не «объективную реальность, данную нам в ощущениях», а старые добрые корпускулы, жившие в физике до эпохи диамата. И Френкель, наряду с объяснением смысла слова «поле», вынужден был отмежевать физическое словоупотребление от философского.

Из стенограммы не видно, какое впечатление на Миткевича произвело философское обсуждение его доклада. Однако если до этого среди его доводов философии не было в помине, следующие его натиски на новую физику обрели новое качество — философско-политическое. Так, спустя год, мнение В. А. Фока (резко отрицательное) о его книге напомнило ему «фашистские методы»⁹. Широкую известность имеет «меридианная» история. Когда Тамм на мартовской сессии Академии наук 1936 г. сопоставил вопрос Миткевича с вопросом о цвете меридиана, Миткевич находчиво намекнул, что, в отличие от своих идейных противников, он стоит на меридиане правильного (красного) цвета. А честно констатируя научную ситуацию, он тогда же писал: «У меня пока имеются, к сожалению, более или менее серьезные расхождения со многими моими коллегами по Академии наук, в том числе с академиками А. Ф. Иоффе и С. И. Вавиловым, с членами-корреспондентами Академии — Я. Н. Шпильрейном, Я. И. Френкелем, И. Е. Таммом и Г. А. Гамовым»¹⁰. Этот перечень особенно хорош тем, что Гамов к тому времени уже два года пребывал невозвращенцем и фамилия его не произносилась в общественных местах.

⁸ Там же. С. 467.

⁹ Миткевич В. Ф. Основные физические воззрения. Собрания докладов и статей. 2-е изд. М.: Л., 1936. С. 162.

¹⁰ Сессия АН СССР 14—20 марта 1936 г. // Известия АН СССР, ОМОН. 1936. № 1—2. С. 115.

⁶ Стенограмма октябрьской сессии АН СССР 1933 г. ААН (ЛО). Ф. 2. Оп. 1. (1933). Д. 3. Л. 459—469 об.

⁷ Там же. С. 466.

Гамова он упомянул среди своих противников и в конце 1937 г., когда решением Физической группы тот уже был исключен из Академии. Впрочем, для противников, оставшихся на родине, Миткевич оставлял шанс, полагая, «что пройдет еще немного времени, и А. Ф. Иоффе и С. И. Вавилов... исправят свои ошибки» и будут «упорно работать на пользу истинно советской физической науки»¹¹.

Не обязательно, конечно, думать, что причиной философско-политической перековки Миткевича стала именно подсказка Бухарина. Хватало и других. Общественная практика способствовала размыванию этики.

Нравственная неустойчивость Миткевича усугублялась силой научной страсти. Он явно не помышлял о социально-политической карьере, иначе бы не стремился к публичным выступлениям. Нет, он страстно хотел только одного — убедить коллег в своей правоте, но достигнуть этого готов был любой ценой.

Неудивительно, что именно Миткевич стал инициатором первой философско-физической дискуссии в Академии наук. Расскажем о судьбе этой инициативы языком первоисточников. Ключевые документы обнаружила научный сотрудник Архива АН СССР Г. А. Савина (которой автор приносит благодарность за участие в подготовке этой публикации).

7 января 1937 г. Миткевич обратился к неперемennomу секретарю Академии Н. П. Горбунову с письмом, в котором говорилось: «...Считая весьма актуальным усиление борьбы за проникновение принципиальных установок диалектического материализма в область физических наук, я обращаюсь к Вам с просьбой об организации в АН собраний, посвященных рассмотрению основных натурфилософских установок современной физики, с привлечением на первое время только узкого круга причастных к АН специалистов по физике и философии.

Я думаю, что для плановости борьбы за основы материалистического миропонимания и против физического идеализма было бы весьма целесообразно сосредоточить внимание сначала на наиболее существенных вопросах, в которых особенно резко выявляется расхождение между сторонниками физического идеализма и сторонниками диалектического материализма. В связи с проводимой мною в течение ряда лет

борьбой за пересмотр некоторых наших физических представлений определенно выявилось, что члены-корреспонденты АН И. Е. Тамм, В. А. Фок и Я. И. Френкель придерживаются позиций физического идеализма. Это совершенно ясно вытекает из ряда опубликованных выступлений. Что касается академиков С. И. Вавилова и А. Ф. Иоффе, то оба они уклонились во время мартовской сессии АН от какого бы то ни было ответа на сформулированный мною вопрос, несмотря на то, что их ответы могли бы осветить их натурфилософские установки. Ни С. И. Вавилов, ни А. Ф. Иоффе не возражали против выступления И. Е. Тамма, который пытался ответить за А. Ф. Иоффе, так что может показаться, будто бы они разделяют идеалистические установки И. Е. Тамма. Однако я считаю это весьма маловероятным. Тем не менее позволю себе просить Вас о персональном приглашении С. И. Вавилова и А. И. Иоффе на первое собрание <...>

Для продуктивности работы предлагаемых мною собраний было бы, по моему мнению, совершенно необходимо, чтобы С. И. Вавилов и А. Ф. Иоффе предварительно дали свои письменные ответы на прилагаемые при сем 2 вопроса. <...>

1. Могут ли два магнита N_1S_1 и N_2S_2 , находящиеся на произвольном расстоянии друг от друга, так взаимодействовать, чтобы при этом в объеме некоторого слоя, со всех сторон окружающего магнит N_1S_1 , не происходило какого бы то ни было физического процесса?

2. Допустимо ли предположение, что магнитное поле, электрическое поле или, вообще, электромагнитное поле — существуют сами по себе, без всякого участия какого-либо материального носителя свойств, обнаруживаемых в этих полях?»¹²

На письме имеется развернутая положительная резолюция Горбунова и рекомендация опубликовать его в «Правде» вместе с сообщением об устройстве в АН обсуждения вопроса о физическом идеализме. Не проходит и недели, как Миткевич в подкрепление этого письма и своей позиции в Академии снова обращается к Горбунову «в связи с предстоящими выборами действительных членов АН» и предлагает двух кандидатов по специальности «физика»: Кастирина и Тимирязева. Мотивом своего предложения он указал «настоятельную необхо-

¹¹ Миткевич В. Ф. По поводу статьи акад. А. Ф. Иоффе «О положении на философском фронте советской физики» // ПЗМ. 1937. № 11—12. С. 156.

¹² Обсуждение основных натурфилософских установок современной физики (7.1.37—10.11.38). ААН. Ф. 2. Оп. 1 (1937). Д. 558, С. 30—33.



А. А. Максимов [1891—1976]

димостью усилить Группу физики АН действительными членами, имеющими достаточные заслуги, как ученые, и в то же время стоящими на платформе диалектического материализма»¹³.

Совет Отделения математических и естественных наук АН СССР (ОМЕН) 16 апреля 1937 г. поручает Группе физики совместно с Институтом философии организовать в начале июня «дискуссионное заседание для обсуждения основных натурфилософских установок современной физики с привлечением в качестве основного докладчика акад. В. Ф. Миткевича». Президиум Физической группы утверждает председателем комиссии по подготовке совещания А. А. Максимова¹⁴, секретарем — Д. И. Бло-

хинцева. Однако Миткевич сообщает Горбунову, предварительно изменив историю своей упорной борьбы с идеализмом в физике, что «не согласен сделать вводный доклад», пока акад. С. И. Вавилов и акад. А. Ф. Иоффе не ответят на заданные им мною 2 вопроса». И добавляет: «Во всяком случае я полагаю, что ни акад. С. И. Вавилов, ни акад. А. Ф. Иоффе не могут председательствовать в заседаниях, посвященных борьбе с физическим идеализмом. Необходим более объективный председатель. Иначе борьба с физическим идеализмом примет характер борьбы с «борьбой против физического идеализма», как это и случилось 16 апреля в заседании Совета ОМЕН, в котором председательствовал акад. С. И. Вавилов».

В заключение Миткевич просит указать, как ему дальше поступать:

«1. Махнуть ли на все рукой и прекратить жестоко напряженную борьбу с нашими физиками-идеалистами?

Или

2. Настойчиво продолжать борьбу за материалистическое миропонимание, добиваясь определенного ответа на вопросы, которые безошибочно разоблачают сторонников физического идеализма?»¹⁵

Горбунов высказался, «конечно, за борьбу»¹⁶, а Президиум Академии наук, отложив проведение дискуссии «по вопросам натурфилософии и по основным вопросам физики» до осени 1937 г., попросил академиков Иоффе и Вавилова «предварительно представить для опубликования в печати свои соображения по вопросам, затронутым ак. В. Ф. Миткевичем в его письме в Президиум АН СССР»

Выполняя это постановление, Вавилов

работал в отделе культпросвета Казанского совдепа. С ноября 1918 г. член РКП(б). После года службы в Красной армии работал в Наркомпросе в отделе рабфаков. Ячейка РКП(б) этого отдела приняла в партию А. К. Тимирязева, под руководством которого Максимов с 1921 г. стал работать на кафедре физики I МГУ. Печатается в журнале ПЗМ, с 1926 г. входит в его редколлегию. Выполняет поручения отдела агитации ЦК. Работает в редакции БСЭ, написал для БСЭ статью «Диалектический материализм» и др. В 1934 г. ему присваивается звание доктора философских наук. К 1937 г. он — один из главных деятелей партийно-философского надзора за естествознанием. Именно он в «Правде» 8.II.37 написал эпитафию «Сорене» — самому научному из популярных журналов, выходившему в 1931—1936 гг. под редакцией Н. И. Бухарина (ААН. Ф. 411. Оп. 15. Д. 52).

¹³ ААН. Ф. 2. Оп. 1. (1937). Д. 558. Л. 26.

¹⁶ Письмо Горбунова осталось без подписи, видимо, в связи с тем, что через несколько дней его должность — непрерывный секретарь АН — была ликвидирована. Сам он спустя полгода был арестован и расстрелян как «враг народа».

¹³ ААН. Ф. 411. Оп. 6. Д. 1446.

¹⁴ А. А. Максимов (1891—1976), сын сельского псаломщика, окончил Казанский университет в 1916 г. по специальности «Физическая химия». С начала 1918 г.

опубликовал в журнале «Под знаменем марксизма» (№ 7, 1937) статью «По поводу книги акад. В. Ф. Миткевича "Основные физические воззрения"». Привлекая историю и самое последнее слово науки, Вавилов убедительно и в весьма энергичных выражениях продемонстрировал бессодержательность и анахронизм «вопросов» Миткевича и недоброкачественность его методов «борьбы против физического идеализма».

Иоффе не торопился выполнить просьбу Президиума и написал в редакцию «Под знаменем марксизма»: «В ответ на Ваш запрос от 10 июля сообщаю, что я не предполагаю писать о физических взглядах акад. Миткевича. Об этом я своевременно сообщил и Президиуму АН. (...) Я считаю «вопросы» ак. Миткевича бессодержательными. (...) Как постановка вопросов, так и аргументация целиком относятся к XIX веку. (...) Сейчас они гальванизированы германскими фашистами, Штарком, Ленардом, которые, как и акад. Миткевич и проф. Тимирязев, отказываются понять современную физику. Фашисты — потому, что она «еврейская», а не германская. Чтобы понять у нас эту реставрацию, нужно иметь другие основания. (...) Среди напряженной научной работы я не нахожу времени для статьи об эфире ак. Миткевича»¹⁷. (Время для такой статьи Иоффе все-таки вынужден был найти; в № 11—12 за 1937 г. помещена его статья «О положении на философском фронте советской физики».)

Это письмо редакция переправила вице-президенту АН Г. М. Кржижановскому вместе со статьей Максимова «О философских воззрениях акад. В. Ф. Миткевича и о путях развития советской физики» (опубликованной в № 7 за 1937 г.).

Кржижановский ответил: «В основном я считаю эту статью совершенно правильной, но если бы я писал на эту тему, то я еще более смягчил бы первую часть, направленную против ошибок Миткевича, и, наоборот, значительно усилил бы вторую часть, направленную против Фока, Тамма, Френкеля и Компании. Мне кажется, что недостаточно подчеркнуто то, что представляет собой отрицательный комплекс представлений акад. Миткевича о современной физике: ведь он в этой области значительно поотстал, между тем голова у него хорошая и надо бы его подтолкнуть и в этом направлении»¹⁸.

Из статьи Максимова можно узнать, что «физики Гамов, Бронштейн, Френкель,



В. А. Фок и Л. де Бройль в 1961 г.

Тамм и примыкающие к ним акад. Иоффе и Вавилов неустанно повторяли философские измышления философов-идеалистов и физиков-идеалистов». По мнению Максимова, «особого внимания заслуживает то обстоятельство, что подпавшие под влияние идеализма советские физики составляют компактную группу (Френкель, Тамм, Фок, Бронштейн, Шпильрейн, идущие с ними А. Ф. Иоффе и С. И. Вавилов и некоторые другие)»¹⁹.

Совместная сессия групп физики и философии несколько раз назначалась и откладывалась. 9 января 1938 г. в Отделении общественных наук АН, у А. М. Деборина, состоялось обсуждение вопроса. М. Б. Митин (которому еще предстояло большое философское будущее) сообщил: «Мы у себя в Институте философии обсуждали и решили, что должны выступать по вопросу о современном физическом идеализме на Западе и его проявлениях в нас — акад. Миткевич, а о проблеме причинности — т. Максимов». Последовали длинные дебаты: нужны ли, возможны ли в принципе содоклады со стороны физиков, не является ли крамольной сама возможность разных мнений по столь важному вопросу. Председательствующий высказался все же за дискуссию.

17 января президиум Физической группы согласился с предложением философов. И все же эта сессия, столь долго и тщательно

¹⁷ Секретариат вице-президента АН СССР Г. М. Кржижановского. ААН. Ф. 402. Оп. 1. Д. 1. Л. 70.

¹⁸ Там же. С. 71.

¹⁹ Максимов А. А. О философских воззрениях акад. В. Ф. Миткевича и о путях развития советской физики // ПЗМ. 1937. № 7. С. 25—55.

но готовившаяся, не состоялась.²⁰ Главным виновником этого стал, судя по всему, В. А. Фок. 13 февраля 1938 г. он направил в Президиум АН следующее

«Заявление.

Организационная комиссия по созыву совместного заседания групп философии, физики и технической физики, по-видимому, считает, что дискуссия, ведущаяся в настоящее время на страницах журнала «Под Знаменем Марксизма», является подготовкой к той, которая должна происходить на означенном совместном заседании групп.

Если это так, то следует ожидать, что научный уровень той дискуссии, которая должна будет вестись в стенах Академии, будет весьма низким. В самом деле, ознакомившись со статьями тех лиц, которые нападают на современную физику от имени советской философии, я не нашел в них ничего соответствующего действительным задачам советской философии: разработке последовательно-материалистического понимания новой физики и борьбе с идеалистическими извращениями физических теорий. Напротив того, я убедился, что они вообще не содержат никаких аргументов научного или философского характера, а состоят частью из прямой ругани (трус, лжец и т. п.), частью же из передержек, подмены понятий и прочих приемов, ничего общего с научной полемикой не имеющих. (...)

В своей статье ак. В. Ф. Миткевич прежде всего нападает на ак. А. Ф. Иоффе за то, что тс. пользуется недостаточно высоким стилем и — о ужас — употребляет такие слова, как «кисель». Право же гоголевские губернские дамы — дама приятная во всех отношениях и просто приятная дама — были менее щепетильны, чем ак. В. Ф. Миткевич, в выражении своих деликатных чувств, хотя и придерживались тех же взглядов на методы полемики. (Цитирую из Гоголя:

— Милая, это пестро!

— Ах, нет, не пестро!

— Ах, пестро!

Нужно заметить, что во всех отношениях приятная дама была отчасти материалистка, склонная к отрицанию и сомнению и отвергала весьма многое в жизни.)

Тот факт, что ак. А. Ф. Иоффе пользуется обычным разговорным языком, представляется, по мнению ак. В. Ф. Миткевича, *testimonium pauperatis* в научном отношении (стр. 145 № 11-12 ПЗМ).

Далее, чтобы опровергнуть утверждение ак. А. Ф. Иоффе: «... и вот группа Тимирязева — Кастерина — Миткевича берется за

задачу вернуть физику по всему ее фронту развития назад в XIX век» и чтобы показать, что он стоит на уровне современной физики, акад. В. Ф. Миткевич приводит ряд цитат из своих прежних сочинений. (...) Достаточно указать на то, что на стр. 147 автор смешивает максвелловские (т. е. электромагнитные) волны с волнами де Бройля; за подобную ошибку студента на экзамене ожидает немедленный провал. А ведь пишет это академик, а не студент!

В своей статье акад. В. Ф. Миткевич повторяет до утомительности часто свой вопрос о дальности и близости действия. К этому сводится, впрочем, научное содержание почти всех его выступлений. Если ему просто ответить, что между магнитами имеется магнитное поле, которое само материально и не нуждается ни в каком носителе, то, вероятно, он будет недоволен. В. Ф. Миткевича не удовлетворяет действительно научная, признанная всем миром квантовая формулировка проблемы взаимодействия, предложенная Дираком и развитая мною в моем докладе на мартовской сессии Академии наук в 1936 г. Он хочет от современной постановки вопроса вернуться к постановке XVII—XIX веков. Неужели ж наша Академия согласна этому способствовать путем организации специальной дискуссии?

Далее Фок кратко обсуждает «логику» А. А. Максимова в его статье «О физическом идеализме и защите его акад. А. Ф. Иоффе», опубликованной «Под знаменем марксизма» в том же № 11-12.

«Статья А. А. Максимова довольно длинная, — пишет Фок, — и подробный ее разбор занял бы слишком много места. Но нигде в ней нельзя встретить ни намека на научную аргументацию. Зато в изобилии встречаются ругательства, передержки и фальсификации высказываний отдельных физиков. Поэтому не приходится сомневаться в том, что того же характера будут и его выступления на предполагаемой сессии. Что касается выступлений ак. В. Ф. Миткевича, то они неизменно сводятся к повторению его вопроса „да“ или „нет“. Таким образом, можно заранее судить о научном уровне предполагаемой дискуссии. Делу не поможет и мой доклад (от Группы физики), от которого я не счел возможным отказаться, несмотря на крайне неблагоприятную для него обстановку.

Ввиду всего изложенного, естественно возникает вопрос: стоит ли вообще Акаде-

²⁰ Протоколы заседаний Президиума Физической группы АН СССР за 1937 г. ААН. Ф. 437. Оп. 1. Д. 73.

мии наук СССР устраивать при данных условиях дискуссию? Я решительно отвечаю, что не стоит. Довольно и одного скандала: созыва 9 декабря 1936 г. особого совещания для заслушания доклада Н. П. Кастерина и напечатания этого доклада Академией наук. Если дискуссия будет устроена, она несомненно выльется в скандал еще более крупный и принесет большой вред советской физике.

Совершенно иначе обстояло бы дело, если бы был гарантирован надлежащий уровень дискуссии. Ведь на самом-то деле в физике действительно возникают серьезные философские проблемы, например разработка последовательно-материалистического понимания квантовой механики. Казалось бы, что, располагая таким оружием, как диалектический материализм, советские философы в союзе с физиками должны быть в состоянии решать такого рода проблемы. Однако это далеко от осуществления. Во всяком случае ясно, что выступления, подобные разобранным выше, только дискредитируют советскую философию»²¹.

16 февраля на заседании Оргкомиссии А. М. Деборин сообщил, что совещание откладывается: «Сейчас не имеется подходящих условий для проведения такой сессии. (...) Я думаю, что сейчас даже можно не указывать конкретного срока»²². Судя по тому, как при этом упоминалось имя Фока и его письмо, можно предположить, что именно оно, содержащийся в нем медицински точный диагноз, стало главным неподходящим условием.

Конечно, наивно было бы считать письмо Фока единственной причиной. Действовали, видимо, обстоятельства, не оставившие следа в архивных стенограммах.

Все названные здесь лица наверняка знали о «чуде святого Владимира». Так называли краткосрочный арест Фока в феврале 1937 г.: 11 февраля его арестовали в Ленинграде, этапировали в Москву, но через несколько дней вернули домой в целости (если не считать пуговиц). Владимир Александрович вовсе не скрывал этого эпизода своей биографии. Вот как, например, Фок упомянул о нем в заявлении Ленинградскому областному прокурору от 20 июля 1937 г., когда потребовал защитить его честное имя «от гнусной клеветы и оскорблений со стороны В. Е. Львова». Львов, журналист и научный обозреватель «Нового мира», в апрель-

ском номере журнала в рецензии на книгу Миткевича назвал Фока «ученым мракобесом, взыскующим методов Гитлера», за его «откровенно-фашистское» отношение к трудам Миткевича (видимо, Львов успел узнать об аресте Фока, но уже не успел «учесть» в своей статье его освобождение).

Во укреплении своей позиции Фок пишет прокурору: «Что касается того, фашист я или нет, то об этом лучше всего может судить Член Политбюро, Нарком Внутренних Дел тов. Н. И. Ежов, который вызывал меня к себе в Москву 15 февраля 1937 г. для личного знакомства и в незабываемом для меня разговоре со мной между прочим сказал, что не имеет никаких возражений против избрания меня Академией наук в свои действительные члены»²³.

Одновременно с заявлением в прокуратуру Фок послал письмо в Отдел науки ЦК ВКП(б), где говорится: «Называя крупнейших советских физиков, уже внесших и продолжающих вносить свой общепризнанный ценный вклад в мировую науку, „обскурантами“ и „мракобесами“, В. Е. Львов противопоставляет им акад. В. Ф. Миткевича — наивные представления которого о природе соответствуют взглядам, господствовавшим полвека и более назад, — как „борца“ с реакционными силами в физике». Безнадежно устарелые взгляды акад. В. Ф. Миткевича будут обсуждаться, между прочим, в предстоящих заседаниях Физической группы Академии наук, где они, несомненно, получат должную оценку. Статью Львова можно рассматривать как своего рода „подготовку“ широких кругов читателей „Нового мира“ к этому обсуждению — подготовку, имеющую целью извратить действительное положение вещей. Извращение доходит до того, что В. Е. Львов осмеливается говорить, будто борьба акад. В. Ф. Миткевича против современной физики ведется „при идейной поддержке партии“»²⁴.

Что решил Отдел науки ЦК по этому поводу, неизвестно, но, если судить по делам Академии, партия не оказала «идейной поддержки» материализму акад. Миткевича.

Дискуссия оказалась отложена на десять лет.

Советской физике, выдержавшей философский натиск 1937 г., предстояли еще тяжелые в этом отношении времена. Конец их обозначило только Всесоюзное совещание по философским вопросам естествознания

²¹ ААН. Ф. 2. Оп. 1 (1937). Д. 558. Л. 1—7.

²² Стенограмма Оргкомиссии по созыву совместного заседания групп философии, физики и технической физики. ААН. Ф. 394. Оп. 10. Д. 69.

²³ Фок В. А. [Заявление прокурору и письмо в Отдел науки ЦК о выступлениях В. Е. Львова в журнале «Новый мир».] ААН. (ЛО). Ф. 1034. Оп. 2. Д. 9. Л. 1—2.

²⁴ Там же. П. 7.

1958 г. Однако назвать это совещание разгромом философского надзирательства оснований нет. Первый доклад на этом совещании сделал Митин, тот самый, который в 1938 г. рекомендовал Миткевича в качестве докладчика о «современном физическом идеализме на Западе и его проявлениях у нас».

А что же председатель Оргкомиссии 1937—1938 гг.? В 1965 г. «продлав длинный путь борьбы, охватывающий целое полстолетие», в научной автобиографии Максимов подвел «некоторые итоги этой борьбы». Не без гордости он описал свой вклад в борьбу с идеализмом на этапе, когда тот вступил в союз с космополитизмом. Началось это довольно рано: «В Москве в конце 1942 г. в ЦК партии я в лице П. Н. Федосеева, заместителя Г. Ф. Александрова (начальника управления пропаганды и агитации ЦК.— Г. Г.), получил задание осуществить работы, которые бы содействовали развертыванию патриотических чувств советских ученых, советской интеллигенции вообще»²⁵. (Как широко и далеко развернулись патриотические чувства, хорошо известно.) К 1943 г. вклад Максимова в науку возрос настолько, что он стал членом-корреспондентом АН СССР по отделению истории и философии. И, разумеется, участвовал в подготовке Всесоюзного совещания физиков 1949 г.²⁶

Завершал свою карьеру Максимов при молчании фанфар.

По состоянию здоровья, подорванного борьбой с идеализмом, он в 1954 г. ушел на пенсию из Института философии, но в качестве члена-корреспондента АН СССР (избран в 1943 г.) еще двадцать лет регулярно сообщал в Академию о своих научных занятиях. В частности, в 70-е годы он трудился над статьей «Провал мнимой идеологической диктатуры философского релятивизма и гнилость культа личности А. Эйнштейна», в которой намеревался доказать, что «теория отн-сти А. Эй-на вообще сильно затормозила развитие науки в ряде вопросов».

Читателю, наверное, хотелось бы узнать, что Максимов в своем жизнеописании рассказал о философско-физических сражениях. Очень немного. А о сорвавшейся академической дискуссии 1938 г., организацией которой Максимов занимался целый год, вообще ни слова.

Видимо, он отличал поражения от побед.

Но в целом своей жизнью Максимов остался доволен, если судить по заключительной фазе его автобиографии:

«Возникает вопрос: можно ли было лучше использовать свои силы? Вероятно — можно. Но это область мечтаний. Хорошо, что я сделал то, что сделал. Я благодарен своей судьбе»²⁷.

Точно ответить на вопрос, возникший у Максимова, история науки вряд ли сможет. Но полезно об этом вопросе помнить.

²⁵ Максимов А. А. Об отношении к естествознанию и естествоиспытателям. 1965. 104 л. ААН. Ф. 1515. Оп. 1. Д. 153. Л. 2, 86.

²⁶ «Природа» предполагает в ближайшее время осветить и этот сюжет. (Прим. ред.)

²⁷ Максимов А. А. Заметки 70-х годов. ААН. Ф. 1515. Оп. 1. Д. 78. Л. 6, 13.

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.

Космические исследования

Запуски космических аппаратов в СССР: сентябрь — октябрь 1989 г.

В сентябре — октябре 1989 г. в Советском Союзе запущено 17 космических аппаратов, в том числе 11 спутников серии «Космос».

«Союз ТМ-8» доставил на орбитальную станцию «Мир» очередной экипаж — космонавтов А. С. Викторенко и А. А. Серебров.

На борту спутника серии «Ресурс-Ф» установлена аппаратура для разнообразной многозональной и спектральной фотосъемки с целью исследования природных ресурсов Земли в интересах различных отраслей народного хозяйства СССР, и международного сотрудничества. Кроме того, в соответствии с коммерческим соглашением с фирмой «Интоспейс» (ФРГ), на его борту будут проведены биотехнологические эксперименты в условиях микрогравитации. 22 сентября 1989 г. спускаемая капсула «Ресурс-Ф» приземлилась в 105 км юго-западнее Актюбинска, доставив на Землю 104 пробы, содержащие более 1000 кристаллов различных фармакологических веществ. Так был успешно завершён советско-западногерманский проект «Козима-2».

«Интеркосмос-24», запущенный по проекту «Активный», проводит комплексные исследования процессов распространения электромагнитных волн и их взаимодействия с заряженными частицами радиационных поясов Земли.

Очередной спутник связи «Молния-1» предназначен для эксплуатации системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи, а также передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита»;

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Союз ТМ-8»*	6.IX	324	378	51,6	91,4
«Ресурс-Ф»	6.IX	189	261	82,3	88,7
«Космос-2038—2043»**	14.IX	1 394	1 435	82,6	114
«Космос-2044»	15.IX	216	294	82,3	89,3
«Космос-2045»	22.IX	216	322	70	89,6
«Молния-1»	27.IX	650	38 960	62,8	702
«Космос-2046»	27.IX	412	431	65	92,8
«Интеркосмос-24»	28.IX	511	2 497	82,6	116
«Горизонт»	28.IX	35 753	35 753	1,3	1 434
«Космос-2047»	3.X	178	357	7,2	89,5
«Космос-2048»	17.X	248	270	62,8	89,4
«Метеор-3»	25.X	1 191	1 228	82,6	109,5

* Параметры орбиты после коррекции.

** Шесть спутников «Космос» запущены одной ракетой-носителем «Циклон».

ния СССР на пункты сети «Орбита»; спутник связи «Горизонт» запущен в соответствии с программой дальнейшего развития систем связи и телевизионного вещания и выведен на близкую к стационарной орбиту.

Цель запуска метеорологического спутника «Метеор-3» — совершенствование метеорологической космической системы, в том числе обработка информационно-измерительной аппаратуры и методов дистанционного зондирования атмосферы и поверхности Земли в интересах науки и различных отраслей народного хозяйства СССР. На спутнике установлены комплексы оптико-механической сканирующей телевизионной и радиометрической аппаратуры, а также приборы для геофизических исследований.

Все космические аппараты запущены с помощью ракет-носителей «Союз», «Молния», «Циклон», «Протон».

В соответствии с коммерческим соглашением о совместном советско-австрийском пилотируемом полете (проект «Аустромир») в Советском Союзе проведен завершающий этап от-

бора австрийских кандидатов в космонавты; ими стали Клеменс Лоталлер и Франц Фибек. К. Лоталлер (1963 г. р.), по профессии врач-анестезиолог, работает в хирургическом отделении одной из венских клиник. Ф. Фибек (1960 г. р.), по образованию инженер-электрик, работал в фирме «Сименс», сейчас ассистент на кафедре измерительной техники Венского технического университета.

Австрийские кандидаты приступили к занятиям и тренировкам в Центре подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина в январе 1990 г. Старт корабля «Союз» с советско-австрийским экипажем намечен на 1991 г.

Космические исследования

«Гиппарх»

8 августа 1989 г. с космодрома в Куру (Французская Гвиана) ракетой-носителем «Ариан-4» запущены западногерманский спутник прямого телевидения TVCAT-2 и астроно-

мический спутник «Гиппарх»¹ Европейского космического агентства. Вначале «Гиппарх» был выведен на промежуточную орбиту с высотой в перигее 223 км, апогее — 35 632 км, наклоном 7° и периодом обращения 628,9 мин; с нее он должен был перейти на стационарную орбиту с точкой стояния 12° з. д. Однако из-за поломки апогейного реактивного двигателя на твердом топливе спутник остался на переходной орбите.

По мнению специалистов, наиболее вероятная причина отказа уже длительное время эксплуатирующегося двигателя с топливным зарядом 460 кг и временем работы менее 50 с — короткое замыкание в одной из электрических цепей, вызванное молнией, которая ударила в здание неподалеку от подготавливаемой к старту ракеты-носителя.

На промежуточной орбите связь с «Гиппархом» сможет поддерживаться не более 40 % полетного времени. Информация объемом 24 кбит/с будет поступать в Центр управления космическими полетами в Дармштадте (ФРГ).

«Гиппарх» предназначен для сбора данных о расположении звезд, направлениях и скорости их перемещений во Вселенной, т. е. для составления точной карты звездного неба для целей астрокоррекции и астроориентации. К числу измеряемых параметров относятся расстояние (тригонометрические параллаксы), широта и долгота, а также изменения широты и долготы. За 2,5 года эксплуатации спутника предполагается определить параметры примерно 100 тыс. звезд с погрешностью не более 0,002".

На спутнике установлен оптический телескоп Шмидта с апертурой 290 мм, эффективным фокусным расстоянием 1400 мм, диапазоном длин волн 375—750 нм, двумя ли-

ниями визирования под углом 58°. Наблюдение выбранной звезды будет производиться примерно 80 раз; сопоставляя несколько миллионов измерений (каждое относится к паре звезд), удастся определить упомянутые параметры.

Система ориентации спутника включает звездный датчик, который можно использовать и для картографирования небесной сферы. Предполагается получить астрометрическую информацию примерно о 400 тыс. звезд до 11 величины с погрешностью 0,01". Это позволит охватить звезды, входящие в звездные каталоги Тихо Браге и Гиппарха.

Новый звездный каталог по данным «Гиппарха» будет составлен к 1995 г.

Космические исследования

«Вояджер-2» у Нептуна

24 августа 1989 г. космический аппарат «Вояджер-2», запущенный 20 августа 1977 г., прошел на минимальном расстоянии (примерно в 4,8 тыс. км) от планеты Нептун. Затем космический аппарат примерно на час оказался за Нептуном, и прямая связь с ним прервалась. После выхода из «мертвой зоны» «Вояджер-2» пролетел мимо спутника Нептуна — Тритона и провел его исследования. На Землю передано более 6 тыс. фотоснимков Нептуна и Тритона.

Пока проведен предварительный анализ полученной информации. Открыты шесть новых спутников Нептуна: один в 5 раз меньше Луны, другой имеет некруглую форму, диаметр двух самых малых примерно 100 км. Нептун имеет два кольца, вблизи которых и находятся открытые спутники. Вещество колец очень темное (отражает всего 3—4 % света).

Приборы «Вояджера-2» измерили тепловой поток от планеты, определили химический состав атмосферы, в которой помимо водорода и гелия обнаружено много метана и аммиака; проведено также изучение плазменных характеристик окрестностей планеты.

Структура атмосферы Нептуна сложнее, чем у Урана. На снимках отчетливо видны окружающие Южное полушарие группы продолговатых перистых облаков, а также большое темное пятно атмосферной бури, которое имеет такие размеры, что, по мнению специалистов, могло бы поглотить Землю. Атмосфера Нептуна очень подвижна, и в ней происходят активные процессы.

Из спутников планеты наибольший интерес вызывает Тритон; имея примерно такие же размеры, как Луна, и находясь сравнительно недалеко от Нептуна, Тритон вращается в направлении, противоположном вращению самой планеты. Переданные «Вояджером-2» снимки подтвердили предположение ученых о том, что Тритон имеет прозрачную атмосферу. Некоторые данные свидетельствуют о наличии на нем вулканической деятельности.

Как надеются специалисты, «Вояджер-2» еще несколько десятилетий будет передавать на Землю уникальную информацию.

Космические исследования

«Интеркосмос-24»

28 сентября 1989 г. в Советском Союзе с космодрома Плесецк запущен спутник «Интеркосмос-24». Ракета-носитель «Циклон» вывела его на эллиптическую орбиту с высотой в перигее 511 км, апогее — 2497 км, наклоном 82,6° и периодом обращения 116 мин.

Так начался международный научный проект «Активный» по комплексному исследованию процессов распространения электромагнитных волн низкочастотного диапазона в магнитосфере Земли и их взаимодействия с заряженными частицами радиационных поясов.

Научная и телеметрическая аппаратура проекта разработана специалистами стран — участниц программы «Интеркосмос» — НРБ, ВР, ГДР, ПР, Румынии, СССР и ЧССР.

3 октября от «Интеркосмоса-24» отделился чехословацкий субспутник «Магистр-2»

¹ Имя греческого астронома Гиппарха (ок. 190—125 гг. до н. э.) в данном случае образовано сокращением словосочетания High Precision PARallax Collecting Satellite — спутник для сбора высокоточной информации о параллаксах.

с двигательной установкой «Пульсар», изготовленной в Советском Союзе и предназначенной для многократных коррекций орбиты. Параметры орбиты субспутника близки к параметрам орбиты «Интеркосмоса-24».

Использование двух космических аппаратов позволяет одновременно исследовать плазменные процессы в пространственно разнесенных точках. Работа бортовых научных комплексов обоих спутников будет координироваться с наземными измерениями, проводимыми геофизическими обсерваториями стран — участниц проекта, включая Кубу.

«Активный» имеет ряд особенностей, важнейшие из которых следующие:

- впервые на орбиту запущен передатчик ОНЧ-диапазона мощностью 5—10 кВт, работающий на частоте 10 кГц;

- для более эффективного излучения колебаний развернута рамочная антенна диаметром 20 м;

- для исследования пространственной структуры физических процессов при инжекции ОНЧ-излучения в магнитосферу субспутник можно удалить от основного спутника на контролируемое расстояние.

Научная аппаратура, установленная на основном спутнике и субспутнике, содержит низкочастотный волновой комплекс для измерения электрических и магнитных компонентов электромагнитного поля в диапазоне частот 30 Гц — 22 кГц; плазменный радиоспектрометр для исследования спектра высокочастотных электромагнитных волн в диапазоне 100 кГц — 10 МГц; спектрометр протонов и электронов для измерения потоков заряженных частиц в диапазоне энергий 30—700 кэВ (электроны) и 40—700 кэВ (протоны); датчик «мягких» электронов (10 эВ — 10 кэВ); прибор «Аннапурна», измеряющий энергию и питоугловое распределение электронов с энергией 200 эВ — 40 кэВ; приборы для плазменных измерений.

Затраты на разработку

«Интеркосмоса-24» составили 4,8 млн руб., на изготовление — 2 млн руб.; стоимость ракеты-носителя «Циклон» 1,7 млн руб.

© С. А. Никитин
Москва

Космические исследования

Вода на Луне

В США разрабатывается программа по созданию на Луне базы космических исследований. К 1993 г. в НАСА будет готов проект запуска людей на Луну. Вначале четверо «поселенцев» проведут там месяц, затем срок будет увеличен до года, а число исследователей до 8—10. В течение первых лет они будут мониторить базу и проводить научные эксперименты, а затем приступят к запуску далеких космических экспедиций.

По своему расположению Луна очень удобна для стартов космических кораблей, предназначенных для исследования Солнечной системы. Кроме того, притяжение на Луне меньше земного в 6 раз, поэтому для запуска ракет требуется меньше топлива.

Но проблемой остается получение воды на Луне. Она нужна не для жизни астронавтов, а в качестве источника водорода — топлива для ракетных двигателей. Во время полетов «Аполлонов» в лунных породах был обнаружен кислород, который используется как окислитель топлива. А вот водород (или воду) еще предстоит искать.

Через четыре года после начала программы начнутся работы по выделению из лунных пород кислорода, но уже в 1992 г. Институт космических исследований (Принстон, штат Нью-Джерси) предполагает вывести на полярную орбиту вокруг Луны космический зонд с разрешающей способностью 30 м для поиска запасов воды. Особый интерес представляют

глубокие кратеры в полярных районах, никогда не освещаемые Солнцем, где, по предположению специалистов, могло скопиться немало льда.

Данные, собранные во время полетов по программе «Аполлон», не дают информации об этих регионах Луны, так как относятся только к узкой полосе между 26° с. ш. и 26° ю. ш. Если полярный зонд обнаружит на Луне воду, к работе подключится НАСА. На 1992—1993 гг. запланирован запуск второго зонда с разрешающей способностью 1 м. Он еще тщательнее обследует лунную поверхность и если подтвердит наличие значительных запасов льда, то будущим экспедициям не придется привозить с Земли жидкий водород.

New Scientist. 1989. Vol. 123. № 1673.
Р. 40 (Великобритания).

Астрофизика

Космино — невидимые частицы

Пока неясно, из чего состоит скрытая масса Вселенной. Возможно, она образована потухшими звездами или же частицами, взаимодействующими с видимым веществом только гравитационно. В последние годы скрытой массой заинтересовались специалисты по теории элементарных частиц. Современные модели предсказывают существование суперсимметричных частиц — гравитино, хиггсино, фотино и т. п. Обнаружить их с помощью современных ускорителей нельзя, поскольку этих частиц мало и они слабо взаимодействуют с обычным веществом, а вот в космосе таких частиц — космино — может быть много.

Сейчас обсуждаются возможные типы детекторов для регистрации космино высоких энергий. Например, такой «детектор» может состоять из наземного нейтринного телескопа и Солнца. Если энергия космино составляет несколько

¹ Углы между вектором скорости частицы и направлением магнитного поля.

ГэВ, длина их свободного пробега сравнима с диаметром Солнца ($4,4 \cdot 10^{11}$ см). Такие космические частицы удерживаются внутри Солнца его тяготением. Когда их концентрация станет достаточно большой, частицы начинают аннигилировать, продукты их аннигиляции, например нейтрино, уходят в околосолнечное пространство и могут быть зарегистрированы на Земле. Их спектр отличается от спектра солнечных нейтрино, образующихся при термоядерном горении водорода. Анализ данных, собранных нейтринными детекторами, выполненный К. Олайвом (К. A. Olive; Университет штата Миннесота, США), показывает, что эффект, хоть и слабый, есть.

Регистрировать космическое можно и с помощью магнитного поля Галактики. Тяготение Галактики удерживает космическое — протоны и электроны — двигаются по силовым линиям магнитного поля и накапливаются в гало Галактики. Их взаимодействие с межзвездной средой ведет к образованию космических лучей и гамма-квантов с определенным спектром. Если наблюдаемое фоновое гамма-излучение связано с космическим, плотность скрытой массы будет примерно в 100 раз больше плотности видимого вещества во Вселенной.

Оценить свойства космического позволяет и анализ распространения химических элементов: существование космического в эпоху нуклеосинтеза в ранней Вселенной определяет современный химический состав звезд и галактик.

Итак, возможно, свойства наблюдаемой Вселенной сильно зависят от ее «скрытой» составляющей — космического.

XXIII Rencontre de Moriond «Dark matter». Savoie, France. 1989. P. 33—42

Астрофизика

Потоки газа в скоплениях галактик

Известно, что скопления галактик содержат горячий разреженный газ с температурой около 100 млн К, излучающий

в рентгеновском диапазоне, причем от центральных областей скоплений поток излучения больше, чем от внешних. Поэтому в центре газ остывает быстрее, и его давление становится меньше, чем на периферии, так что газ внешних областей должен сжимать менее горячий газ внутри скопления.

То, что это действительно так, подтвердили оптические наблюдения нескольких скоплений, проведенные К. Ашманом и Б. Карром (K. Ashman, B. Carr; Колледж королевы Марии, Лондон). Были обнаружены потоки сравнительно холодного газа с температурой около 10 тыс. К, направленные к центру скопления. Возможно, что как раз с такими течениями газа связано образование уникальных СД-галактик. Это самые большие галактики, которые находятся всегда в центральных частях скоплений и имеют гигантские короны из разреженного газа.

XXIII Rencontre de Moriond «Dark matter». Savoie, France. 1989. P. 141—148

Астрофизика

Мощная протонная вспышка

29 сентября 1989 г. в 11 ч 20 мин гринвичского времени мировая сеть станций, регистрирующих космические лучи, отметила событие поразительной силы: за несколько десятков минут интенсивность космического излучения на поверхности Земли возросла более чем втрое. Например, по данным нейтронного монитора Полярного геофизического института Кольского филиала АН СССР (Апатиты, Мурманская обл.), рост составил 202 % относительно уровня до вспышки.

Хотя подобные события, обусловленные ускорением частиц в солнечных вспышках, не так уж редки (примерно 1—2 раза в год), обычно они оказываются на поверхности Земли довольно слабыми, составляя единицы или десятки процентов. В истории исследования солнечных космических лучей событие 29 сентября по своей интенсивности будет, вероятно,

вторым после знаменитой протонной солнечной вспышки 23 февраля 1956 г.

Нельзя сказать, что это событие оказалось полной неожиданностью для космофизиков. После минимума солнечной активности 1986 г. специалисты ожидали, что с новым ростом активности Солнца частота протонных вспышек будет увеличиваться. Действительно, ИСЗ «Метеор» за 3 года 22-го солнечного цикла (1987—1989) уже зарегистрировал 56 событий с энергией протонов выше 10 МэВ. Да и наземная сеть, реагирующая на первичные протоны с энергией выше 1 ГэВ, только в 1989 г. зафиксировала 3 события — 25 июля, 16 августа и 29 сентября.

Сентябрьская вспышка наблюдалась не только на поверхности Земли, но и в стратосфере, а также на орбите ИСЗ «Метеор». Так, по стратосферным измерениям над Москвой (научная станция ФИАН в Долгопрудном), максимальный поток протонов с энергией 150—400 МэВ в 100 раз превысил уровень, когда-либо наблюдавшийся на этой широте, а на орбите «Метеора» поток протонов с энергией выше 90 МэВ превысил $5 \cdot 10^2 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1} \text{ ср}^{-1}$.

Приход столь мощного потока энергичных протонов к Земле, разумеется, не прошел бесследно, в частности для ионосферы полярных широт. Если бы в это время в околоземном пространстве находился космический корабль, последствия могли быть достаточно серьезными — от сбоев в работе электронных систем корабля до радиационного облучения космонавтов. Однако орбита станции «Мир», расположенная глубоко в магнитосфере Земли, наклонена так, что при относительно небольшой высоте орбиты (около 400 км) космонавтам ничто не угрожает: на таких высотах вклад солнечных протонов в суммарную дозу облучения уменьшается примерно в 300—400 раз.

Событие 29 сентября благодаря своей мощности будет многие годы служить источником данных для построения моделей ускорения и распространения солнечных космических лучей, оценки радиационной

опасности и изучения геофизических проявлений солнечной активности.

© Л. И. Мирошниченко,
кандидат физико-математиче-
ских наук
Троицк

Астрономия

Фобос обречен

В сентябре 1988 г. состоялось очередное противостояние Земли и Марса; столь близко они не сходились с 1971 г. Воспользовавшись этим, английские астрономы Э. Синклер и Д. Джоунс (A. Sinclair, D. Jones; Королевская гринвичская обсерватория) совместно с А. Уильямсом (I. Williams; Колледж королевы Марии, Лондон) провели детальные измерения орбиты крупнейшего спутника Марса — Фобоса.

Завершенная недавно обработка полученных данных подтвердила делавшиеся ранее предположения, согласно которым Фобос постепенно сближается с Марсом.

Сопоставление материалов наблюдений, полученных с момента открытия Фобоса в 1877 г. и до настоящего времени, показало, что скорость обращения спутника вокруг Марса постепенно возрастает, а орбита, соответственно, сокращается: ее радиус уменьшается примерно на 3,6 см в год.

Итак, в ближайшие 40 млн лет Фобос упадет на поверхность Марса. Столкновение приведет к образованию на планете нового гигантского кратера диаметром не менее 500 км.

New Scientist. 1989. Vol. 121. № 1654.
P. 31 (Великобритания).

Планетология

Куда делась атмосфера Марса?

До сих пор господствовало мнение, согласно которому столкновение планеты на раннем этапе ее существования с кометой или астероидом должно приводить к пополнению ее атмосферы.

Иначе считают Дж. Мелош и Э. Викери (J. Melosh, A. Vickery; Университет штата Аризона, Тусон, США).

Моделируя подобные события, они установили, что при таких соударениях тел во внешнее пространство могут выбрасываться значительные количества газов, «принадлежащих» планете. Это объясняется тем, что при столкновении возникает столб раскаленного газа, расширяющийся со скоростью, превосходящей первую космическую, при которой тело (или газ) способно преодолеть притяжение планеты и уйти в космос.

Явление тем интенсивнее, чем меньше сила тяготения планеты. Так, тело диаметром всего 3 км, сталкиваясь с Марсом (сравнительно небольшой планетой), способно лишить его значительной части атмосферы. Для Земли к такому эффекту могло бы привести столкновение с телом диаметром не менее 13 км, что значительно менее вероятно.

По мнению авторов гипотезы, первоначально на Марсе атмосферное давление было таким же, как на Земле. Сейчас оно составляет лишь одну пятидесятую долю земного. Видимо, этому способствовало разрежение воздушной оболочки Марса при столкновении его с небесными телами.

Nature. 1989. Vol. 338. N 6215. P. 487
(Великобритания).

Физика атмосферы

Солнечная активность и долговременные изменения климата

Активность Солнца, влияющая на климат Земли, связана со средним годовым числом солнечных пятен, которые астрономы визуальным наблюдением и подсчитывают уже более 200 лет.

До сих пор полагали, что солнечная активность изменяется с 11-летним периодом. Недавно установлено, что существуют и 200-летние циклы, на стыке которых возникают «малые ледниковые периоды».

Оказалось, что об изме-

нении активности Солнца можно судить по концентрации изотопа ^{14}C в годовичных кольцах деревьев. Этот изотоп углерода образуется в атмосфере под действием космических лучей на атомы азота ^{14}N , а затем включается в состав молекул углекислого газа, поглощаемого листьями в процессе фотосинтеза, и в результате накапливается в древесных годовых кольцах, возраст которых можно определить.

Так как время полураспада атомов ^{14}C известно, можно установить, какое количество этого изотопа образовывалось в атмосфере в то или иное время и, следовательно, какова была интенсивность космических лучей. Но поскольку она меняется, то так можно собрать данные об ее изменении за период, охватывающий около 9 тыс. лет, с точностью до 100—10 лет. Если активность Солнца возрастает, солнечный ветер блокирует космические лучи и образуется меньше ^{14}C . При падении солнечной активности количество атомов ^{14}C увеличивается. В эти же периоды наблюдается уменьшение ширины древесных колец; примерно через каждые 200 лет они становятся более узкими и так продолжается несколько десятилетий. Очевидно, в это время деревья находились в неблагоприятных условиях, связанных с уменьшением средней температуры воздуха. Например, известно резкое похолодание в течение нескольких десятилетий («малый ледниковый период») в конце XVI в.; оно совпало с фазой низкой активности Солнца в 200-летнем цикле.

Очередной 200-летний период завершится в начале XXI в. Однако ожидаемое в это время похолодание будет смягчено общим потеплением, обусловленным парниковым эффектом.

New Scientist. 1989. Vol. 121. № 1657.

P. 28 (Великобритания).

Метеоритика

Как образовались ахондриты

Падающие на Землю метеориты представляют собой ос-

колки космических тел, распавшихся при столкновениях. Разный минеральный и химический состав метеоритов — результат того, что родительские тела были различными. Считалось, что «родитель» базальтовых ахондритов — гигантский астероид Веста, поскольку способность отражать свет у них близка. Однако непонятно, как они успели переместиться к Земле, если определенное изотопным методом время с момента распада родительского тела составляет всего 10^7 — 10^8 лет.

Эту проблему попыталась решить группа американских специалистов из Исследовательского центра НАСА, Института планетных исследований, Гавайского университета и Лаборатории реактивного движения. Они обнаружили три астероида: 3551 1983 RD, 3908 1980 PA; 1985 D-02, — периодически приближающихся к Земле и имеющих спектр отражения, близкий как к спектру пород Весты, так и исследованных в лабораториях трех разновидностей ахондритов: говардиты, эвкриты и диагениты (сокращенное название — HED-метеориты). Альbedo этих астероидов оказалось чуть выше, чем у Весты. Отсюда удалось рассчитать их диаметры: 840, 680 и 3500 м, соответственно. Все они имеют такие особенности оптических спектров, которые говорят о более крупнозернистом строении поверхностного слоя (реголита), чем на Весте, или даже о его отсутствии.

Перигелии их орбит соответственно равны 1,07, 1,04 и 1,22 солнечных единиц. В июле и августе эти орбиты пересекаются вблизи Земли. Как раз в это время на Землю особенно часто падают HED-метеориты.

Поскольку отмечен еще один интервал времени, когда HED-метеориты выпадают на поверхность Земли, видимо, существуют другие астероиды, проходящие возле Земли.

Так как три новых метеорита соответствуют одному и тому же пику в распределении дат падений, можно полагать, что они происходят от одного родительского тела, осколки которого имеют близкую «орбитальную историю». Очевидно, при разрушении подобного Вес-

те тела в поясе астероидов возник большой фрагмент (содержащий говардиты, эвкриты и диагениты), перешедший на близкую Земле орбиту. При прохождении через пояс астероидов он постепенно разрушался, образовав, в частности, те три астероида, которые, в свою очередь, стали источниками HED-метеоритов.

Abstracts for the 52-nd Annual Meeting of the Meteoritical Society. Vienn, 1989. P. 39. (Австрия).



Химия атмосфер

Серебристые облака — индикатор загрязнения атмосферы

По мнению Г. Томаса (G. Tomas; Университет штата Колорадо, Боулдер, США), серебристые облака отражают те изменения в атмосфере, которые произошли с начала промышленной революции.

Эти облака, состоящие из кристаллов льда и частиц вулканической и метеорной пыли, образуются на высотах около 80 км, где температура воздуха достигает — 143 °С. Наблюдаются серебристые облака летними ночами в поясе 50—75° с. ш. и 40—60° ю. ш.

Как полагает Томас, развитие серебристых облаков связано с ростом (на 1—2 % в год) содержания метана в атмосфере в результате интенсивной промышленной и сельскохозяйственной деятельности.

В химических реакциях, протекающих в верхней атмосфере, из метана образуется водяной пар, превращающийся в лед. Томас утверждает, что до начала XX в. данные о серебристых облаках отсутствовали. Исключение составляет 1885 год, когда эти облака впервые зарегистрировали после гигантского извержения вулкана Кракатау в 1883 г. По оценкам специалистов, тогда в атмосферу было выброшено около 100 млн т воды.

Environmental Science and Technology. 1989. Vol. 23. N 7. P. 758 (США).

Физика

Микрорезонаторы для оптических ЭВМ

Оптический способ обработки информации значительно повышает быстродействие по сравнению с электронными ЭВМ, однако для создания оптического компьютера необходимо уменьшить размеры и энерговыделение оптических элементов, добившись плотной упаковки логических элементов в будущих интегральных схемах (10^3 — 10^6 элементов на одной подложке).

Эта возможность определяется соотношением между нелинейностью среды, обеспечивающей оптическую бистабильность, и поглощением света в оптическом резонаторе. Оптическая бистабильность становится возможной, когда амплитудно-зависимый сдвиг собственной частоты f_0 колебаний в резонаторе превышает ширину резонансной кривой $\Delta f_{\text{рез}} \approx \approx f_0/Q$ (Q — добротность, характеризующая потери энергии в резонаторе).

Первые образцы «оптических транзисторов» на основе резонаторов Фабри — Перо имели размеры около 1 см, объем 10^{-3} см³ и добротность $Q \approx 10^5$. Минимальная мощность, необходимая для управления ими, составляла 10^{-1} — 10^{-2} Вт. В 1988 г. специалисты фирмы «Бэлл» получили оптические бистабильные элементы размерами около 2 мкм, изготавливаемые целыми матрицами. Однако из-за малой добротности ($Q \approx 10^2$), ограничиваемой дифракционными потерями на плоских зеркалах столь малых размеров, мощность управления оказалась по-прежнему высокой, $W \approx 10^{-3}$ Вт при объеме 10^{-11} см³.

Физики Московского государственного университета создали оптические микрорезонаторы с модами типа «шепчущей галереи», имеющими вид замкнутых волн, которые испытывают полное отражение внутри сферических диэлектриков¹.

¹ Оптические диэлектрические микрорезонаторы // Природа. 1987. № 12. С. 91—92.

Они характеризуются высокой добротностью (свыше 10^6) при микронных размерах, и оптическую бистабильность в них удалось наблюдать при мощности $W \approx 10^{-6}$ Вт. Это значение можно еще снизить, применяя современные нелинейно-оптические материалы с высокой нелинейностью характеристик (на 4—5 порядков выше, чем у использованного плавленого кварца).

Энерговыделение оптических бистабильных элементов удобно характеризовать величиной $\varepsilon = Wt$ — энергией на одно переключение, где t — время быстрогодействия, определяемое скоростью нелинейного отклика среды и постоянной времени резонатора. У лучших бистабильных микрорезонаторов Фабри — Перо $\varepsilon = 10^{-12}$ Дж при быстрогодействии $t \approx 100$ пс. С использованием оптических микрорезонаторов типа «шепчущей галереи» на основе нелинейных стекол, легированных полупроводниками, ε_0 можно снизить до 10^{-15} Дж при $t \approx 100$ пс. Если ослабить требования к быстрогодействию в расчете на применение параллельной обработки информации в оптических ЭВМ, можно использовать более высокодобротные микрорезонаторы и довести ε_0 до 10^{-18} Дж.

Physics Letters A. 1989. Vol. 137. № 7—8. P. 393—397 (США).

Физика

Высокотемпературная сверхпроводимость водорода

По расчетам исследователей Калифорнийского университета (Беркли, США), критическая температура, при которой водород может стать сверхпроводником, составляет 145—300 К, что гораздо выше, нежели у известных и мыслимых сверхпроводников. Как показывают оценки, для этого требуются сверхвысокие давления — не менее 400 ГПа (4 млн атм.)

А что говорит эксперимент? В институте Карнеги (Вашингтон, США) удалось сжать водород в специальном устройстве между алмазными наковальнями

пока до 250 ГПа. Косвенно, спектроскопическими методами установлено, что водород при этом давлении превращается в металл, однако в обычном, несверхпроводящем состоянии.

Пока трудно представить практическое применение столь экзотического сверхпроводника, но его научное значение трудно переоценить.

До сих пор высокотемпературную сверхпроводимость удалось получить только для вещества сложного состава типа металлокерамик. Возможно, водород как простейшее вещество, позволит четче представить детали механизма высокотемпературной сверхпроводимости.

New Scientist. 1989. Vol. 123. № 1677. P. 28 (Великобритания).

Физика

Форму молекулы определяет взрыв

Одна из важных характеристик молекулы — ее конфигурация, т. е. расположение составляющих ее атомов. Однако часто очень трудно определить форму атомных молекул.

В Институте им. Х. Вейцмана (Израиль) и Аргоннской национальной лаборатории (США) разработан метод «кулоновского взрыва», позволяющий косвенно воссоздать форму молекулы. Пучок нейтральных молекул, движущихся со скоростью около 2 % скорости света, направляя на мишень в виде фольги (толщиной 3 нм) из твер-

дого материала. Поскольку нейтральные молекулы трудно ускорить, к каждой «присоединяют» избыточный электрон, а после ускорения таких отрицательных ионов электрон удаляют, облучая пучок ионов лазерным импульсом длительностью 10 нс.

При соударении с мишенью ядра в молекулах проходят сквозь фольгу невозмущенными, сохранив свое расположение друг относительно друга. Электроны же отрываются от атомов и рассеиваются в фольге. После этого на ядра атомов в молекуле действуют преимущественно кулоновские силы отталкивания, под воздействием которых ядра разлетаются как осколки взорвавшегося снаряда. Отсюда и название «кулоновский взрыв».

Скорость и направление ядер-осколков регистрируются многоканальным детектором, информация с которого подается на ЭВМ, рассчитывающую расположение атомов в молекуле. Весь процесс занимает 0,01 периода колебаний ядер в молекуле. Поэтому фиксируются расположение атомов в молекулах, находящихся в различных стадиях колебательного движения. Измерение относительных положений атомов для всех молекул пучка позволяет создать вероятностную картину расположения атомов. По мнению авторов работы, предложенная методика позволяет непосредственно измерить фундаментальную квантовомеханическую величину — квадрат абсолютного значения волновой функции.

New Scientist. 1989. Vol. 122. № 1668. P. 33 (Великобритания).

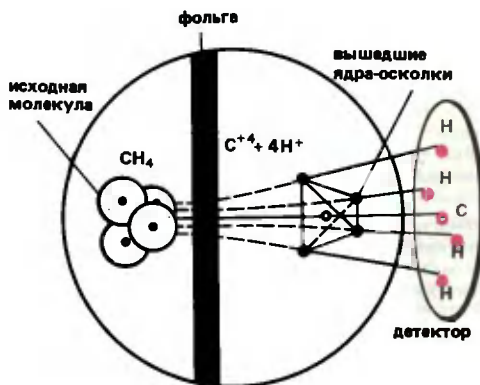


Схема метода «кулоновского взрыва» для случая молекулы CH_4 .

Техника

Нетрадиционное сырье — нетрадиционный метод добычи

Помимо нефти и газа — традиционных видов углеводородного сырья — в природе имеются значительные запасы нефтяного битума, газогидратов, горючих сланцев, озокерита, которые могут служить прекрасным топливом. Эти вещества существуют, как правило, в твердом состоянии (кристаллическом или аморфном), поэтому извлекать их из пород гидродинамическими и тепловыми способами очень сложно. Вероятно, единственный путь обработки таких малопроницаемых сред — ввести энергию сразу во всю толщу породы, облучив ее электромагнитными волнами (аналог — приготовление пищи в СВЧ-печах, где она прогревается по всей толщине).

Во Всесоюзном научно-исследовательском институте природных газов (Москва) и Башкирском университете (Уфа) для извлечения нетрадиционных углеводородов предложено использовать электромагнитные волны ВЧ-диапазона. При этом в объеме пласта возникает не только тепло, но и пондеромоторные силы, а также капиллярные и поверхностные эффекты, которые могут быть использованы в технологии добычи: Эффективность электромагнитного нагрева определяется объемными электрофизическими параметрами пласта, в частности постоянной затухания волны, благодаря чему и возможен нагрев малопроницаемых сред. Так, чтобы в радиусе 10 м повысить на 10 °С температуру пласта толщиной 1 м при постоянной затухания волны $1,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}^{-1}$, необходимо 10 сут.

При традиционном же способе нагрева, чтобы достичь того же эффекта, потребовалось бы 88 сут.

Процесс электромагнитного нагрева легко управляем: меняя частоту волны, можно варьировать глубину и скорость нагрева.

Доклады АН СССР. 1989.

Т. 306. № 4. С. 941—943.

Химия

Органические вещества — из углекислого газа

Я. М. Паушкин с сотрудниками (Институт горючих ископаемых АН СССР, Москва) высказал предположение, что, несмотря на то что реакция конденсации углекислоты с водой энергетически невыгодна, она может быть в принципе осуществлена, если продукты реакции (муравьиная кислота, формальдегид и др.) каким-либо путем постоянно устранять из зоны реакции, сдвигая тем самым термодинамическое равновесие системы. Для подтверждения этого предположения изучена реакция нагревания водных растворов поташа (K_2CO_3) — источника углекислоты в присутствии катализаторов — солей меди, железа, никеля, кобальта и др. при температуре 60°. Оказалось, что после 30-часовой обработки в реакционной смеси образуются нерастворимые органические вещества, обычно в виде взвеси волокон. Их химическое и спектрографическое исследование позволило установить наличие метильных (CH_3) и метиленовых (C_2H_2) групп. Отношение концентраций углерода и кислорода в образцах около 2:1, что, по мнению авторов, свидетельствует о близости структуры получаемого вещества к углеводам. Это пример не только термодинамически невыгодного получения сложных органических веществ из простых, но и синтеза из неорганических веществ сложных органических молекул.

Доклады АН СССР. 1989.

Т. 307. № 1. С. 125.

Химия

Одностадийный синтез фосфорсодержащих соединений

Органические фосфины R_3P и фосфиноксиды R_3PO (R — органический радикал) используются в качестве экстрагентов, комплексообразователей, биологически активных веществ.

Однако синтез их довольно сложен и дает невысокий выход, особенно для производных фосфора, содержащих ненасыщенные органические радикалы. Такие вещества нужны для получения полимерных соединений, обладающих различными ценными свойствами, в первую очередь термостойкостью.

Группа во главе с М. Г. Воронковым (Институт органической химии СО АН СССР) показала, что в присутствии сверхоснований — растворов гидроксидов щелочных металлов в высокополярных органических растворителях (в частности, диметилсульфоксиде или гексаметиламиниде фосфорной кислоты) — происходит взаимодействие инертного красного фосфора с производными ацетилена, содержащими тройную связь, или аллилгалогенидами, обладающими двойной связью, смежной с атомом хлора. Особенно важно, что синтез происходит в одну стадию при 40—120°, хотя и с умеренными выходами, а также прост в реализации. Наряду с винилфосфинами ($\text{R}-\text{CH}=\text{CH}$) $_3\text{P}$ образуются и соответствующие тривинилфосфиноксиды ($\text{R}-\text{CH}=\text{CH}$) $_3\text{P}=\text{O}$.

В качестве реакционной среды можно использовать смеси концентрированных водных растворов щелочи с органическим растворителем, например толуолом, в присутствии катализаторов межфазного переноса — четвертичных солей аммония.

Доклады АН СССР, 1989.

Т. 305. № 2. С. 355.

Биохимия

Леггемоглобин может присутствовать во всех растениях

Австралийские ученые во главе с В. Пикокком (W. Peacock, Государственная организация научных и прикладных исследований, Канберра) обнаружили в корнях вяза (семейство Ulmaceae) подобный гемоглобину белок — леггемоглобин.

Этот белок ранее был обнаружен только в специальных органах бобовых растений (се-

мейство Leguminosae) — корневых клубеньках, где фиксируется аммиак, легко усваиваемый растением. Для чего же нужен азотфиксаторам леггемоглобин? Известно, что фиксация азота катализируется специальным ферментом — нитрогеназой. Этот фермент найден только у весьма простых организмов, к которым относятся и так называемые клубеньковые бактерии (семейство, Rhizobiaceae), способные в симбиозе с бобовыми растениями фиксировать азот атмосферы. Процесс азотфиксации весьма энергоемкий, и осуществляющие его бактерии получают эту энергию за счет окисления продуктов фотосинтеза. Используемый при окислении кислород уже в небольших концентрациях способен повредить нитрогеназу, и чтобы этого не произошло, возможно, и нужен леггемоглобин, связывающий избыток кислорода.

Ранее полагали, что леггемоглобин присущ только бобовым растениям, однако обнаружение у небобового растения леггемоглобина, а также его гена опровергает предположение, что в процессе эволюции этот ген мог быть передан отдельным растениям от животных, например насекомых.

Роль леггемоглобина в растениях пока до конца не ясна, но полагают, что он может регулировать способы обмена веществ, в частности, меняя окислительный на анаэробный.

Science News. 1989. Vol. 133.
№ 3. P. 39 (США)

Медицина

Новый способ обезболивания

В канадском Фармакологическом колледже Университета Галифакса предложен новый способ проведения местной анестезии¹. Он отличается тем, что не причиняет боли, неизбежной при обычном введении обезболивающих средств (с помощью шприцев). Исследователи исполь-

зовали липосомы (структуры, содержащие фосфолипиды и воду), в которые вводили анальгетик тетракаин. Препарат наносили на кожу, и он проникал через роговой слой в глубокие ее слои и оказывал обезболивающее действие.

Клинические опыты проведены на 24 больных, которым наносили на поверхность предплечья препарат, содержащий 0,5 %-ый раствор тетракаина. Место нанесения изолировали от окружающей среды пластырем. При этом наблюдали длительную (в течение 4 ч) анестезию испытываемого участка, которая наступила примерно через час после нанесения препарата.

Полученные результаты открывают широкие перспективы использования липосомальных препаратов, содержащих обезболивающие средства. Преимущество нового способа очевидно: он позволяет снизить дозировки анальгетиков и тем самым уменьшить их токсичность; поскольку фосфолипиды и вода являются природными компонентами кожи, их введение не должно вызывать побочных явлений в организме.

© Г. Д. Кобринский,
доктор медицинских наук
Москва

Медицина

Новости в лечении СПИДа

Зидовудин (zidovudine, или azidothymidine) — единственное, получившее одобрение в США, лекарство для лечения СПИДа. Исследования, проведенные в Национальном институте здоровья (Бетезда), впервые показали возможность более широкого его применения: зидовудин, оказывается, может замедлять развитие болезни на ранних ее стадиях, так как снижает инфицирование ротовой полости и уменьшает количество Т-лимфоцитов. Эти результаты могут стать стимулом к более активному применению препарата.

Исследователи начали также изучать возможность ис-

пользования препарата при бессимптомном заражении вирусом СПИДа.

Science News. 1989. Vol. 136.
№ 7. P. 102 (США).

Зоология

Суслики защищаются от змей

Суслики — обычная добыча североамериканских гремучих змей. Казалось, они беззащитны не только перед этими опасными врагами, но и перед змеями вообще. Однако американские зоологи Р. Косс и Д. Оуингс (R. G. Coss, D. H. Owings) обнаружили и описали у сусликов интересные защитные приспособления.

Известно, что на сусликов охотятся также хищные птицы и млекопитающие, нападающие внезапно. Наиболее эффективное средство защиты от них — оповещение сородичей свистом о близости врага, после чего все они скрываются в норах. Змеи представляют опасность другого рода, так как они могут проникать и в норы сусликов. Но передвигаются они медленнее теплокровных хищников, и защитные реакции на них у сусликов другие: грызуны пугают змей быстрыми движениями хвоста, бросают листья и другой мусор в змею, брыкаясь лапами, и даже кусают противника. Если змея все же вползает в нору, где находится самка суслика с детенышами, то последняя совершает множество разнообразных действий, чтобы выгнать врага из норы и не дать ему съесть весь выводок, при этом она иногда жертвует одним детенышем.

Исследователи обнаружили, что гремучие змеи вообще редко кусают взрослых сусликов, но даже от укусов они очень страдают. Во-первых, потому что суслик при броске змеи быстро отскакивает и получает неполную дозу яда, а во-вторых, у особей из популяции, сосуществующей с гремучими змеями, в крови вырабатываются белки, повышающие устойчивость к яду. Благодаря им доза яда, достигающая взрослого суслика при одном

¹ Gesztes A., Mezei M. // Anesth. and Analg. 1988. Vol. 67. № 11. P. 1079—1081.

укусе, не является для него смертельной. Детеныши приобретают невосприимчивость к яду не сразу, а примерно через месяц. Зоологи считают, что гремучие змеи, забираясь в норы к сусликам, ищут там не взрослых животных, а детенышей. Подобная устойчивость сусликов к яду прямо зависит от времени, проведенного популяцией в общих с гремучими змеями местах обитания.

Интересно, что суслики способны отличать неопасных для них змей от гремучих. Эта способность врожденная: даже детеныши, появившиеся на свет в лабораторных условиях, распознают змей уже при первых контактах. Более того, детеныши, никогда раньше не видевшие змей, отличаются гремучих от неядовитых гоферовых змей. Однако последние в некоторых местах уничтожают сусликов. Исследования, проведенные на детенышах сусликов из одной такой популяции, показали, что они, напротив, именно в гоферовых змеях узнают своих естественных врагов, и это распознавание также врожденное.

Таким образом, длительное сосуществование сусликов и поедающих их змей ведет к тому, что у жертвы вырабатываются адаптации, позволяющие ей эффективно противостоять хищникам.

Natural History. 1989. № 5. P. 32—34 (США).

Биология

Ритмичное «дыхание» пчелиных гнезд

Африканские безжалые пчелы рода *Trigona* устраивают гнезда в почве или в дуплах деревьев. Гнездовая полость покрыта изнутри восковой оболочкой, непроницаемой для воды и воздуха, и соединяется с наружной средой единственной длинной и узкой галереей. Подобная архитектура гнезда делает практически невозможным естественный воздухообмен между ним и атмосферой. Как же пчелы обеспечивают обновление воздуха? Этот вопрос впервые исследован Р. Моритцем и Р. Крю в Трансваале (ЮАР) на двух видах пчел¹.

Гнездо *T. denoiti* располагается в почве и связано с атмосферой почти вертикальной галереей диаметром около 1 см и длиной более 60 см. Устроенное в стволе живого дерева гнездо *T. gribodoi* имеет входную галерею диаметром всего 0,7 см и длиной 10—20 см. Введя во входные галереи термометры и зонды газового анализатора, исследователи измеряли температуру и количество кислорода в воздухе на разных уровнях от входа до гнездовой полости. Это позволило обнаружить четкий дыхательный ритм — чередование «вдохов» и «выдохов». Воздух сначала выходит из гнезда (его температура и содержание кислорода в нем гораздо меньше, чем в наружном воздухе), а затем втягивается внутрь (что заметно по повышению температуры и содержания кислорода во входной галерее). Такие «вдохи-выдохи» происходят с частотой 2—3 в минуту у *T. denoiti* и 5—6 в минуту у *T. gribodoi*. Ночью частота «дыхания» меньше — около 0,6 в минуту.

Таким образом, гнезда безжалых пчел «дышат» наподобие обладающих легкими позвоночных животных. Однако механизм этого «дыхания» совершенно иной: пчелы обеспечивают дыхательный ритм с помощью крыльев. Быстрыми их движениями они гонят воздух из гнезда, создавая в гнездовой полости некоторое разрежение. Когда они прекращают махать крыльями, «выдох» заканчивается и начинается массивный «вдох» — за счет более высокого давления атмосферного воздуха. Для поддержания подобной вентиляции гнезда необходимы четкие согласованные коллективные действия многих десятков пчел.

Объем воздуха, обновляемого в гнезде за один дыхательный цикл, невелик — всего 0,63 мл у *T. denoiti* и 1,13 мл у *T. gribodoi*. Но ведь и размеры этих пчел и их гнезд значительно меньше, чем у пчелы медоносной. Гнездовая полость *T. gribodoi* имеет объем не более 500 мл, и при наблюдаемом ритме «дыхания» воздух в ней мо-

жет быть полностью обновлен менее чем за 1,5 ч. Меньшая интенсивность «дыхания» гнезда *T. denoiti* при большем его объеме (около 1 л) обуславливает менее активный воздухообмен (для полного обновления воздуха необходимо 7—8 ч). Поэтому в гнезде днем меньше кислорода и больше углекислого газа, чем в атмосфере. Но так обстоит дело только днем, когда пчелы стремятся свести к минимуму приток в гнездо нагретого (около 60 °C) наружного воздуха. Вечером, когда жара спадает, гнездо начинает «дышать» глубже, и дефицит кислорода исчезает. Гнезда *T. gribodoi*, защищенные от солнца кроной дерева, «выдыхают» менее прогретый воздух (около 30 °C) и поэтому имеют возможность нормальной вентиляции в течение всего дня.

© В. Е. Кипятков,
кандидат биологических наук
Ленинград

Охрана природы

Создать Антарктический парк нетронутой природы

В июне 1989 г. завершились шестилетние переговоры, цель которых — подготовить проект международного соглашения о порядке добычи полезных ископаемых в Антарктике. До сих пор на разработку земных недр здесь действовал мораторий. В переговорах приняли участие представители 33 государств. Однако правительство Австралии немедленно заявило, что не подпишет договор, настаивая на своих правах на значительную часть ледового континента. На те или иные территории в Антарктиде претендуют еще шесть стран, но все они (как и Австралия) в 1959 г. подписали договор, по которому подобные притязания временно «замораживаются».

Иной точки зрения придерживается Новая Зеландия, также имеющая на шестом континенте «закрепленную» за ней территорию. Она внесла предложение о создании Антарктического парка нетронутой природы площадью 12 млн км². Новая Зеландия считает, что подго-

¹ Moritz R. F. A., Crewe R. M. // Experientia. 1988. Vol. 44. № 11—12. P. 1024—1027.

товленный проект договора о порядке разведки и добычи полезных ископаемых содержит достаточные международные гарантии и этот документ был бы первым шагом для осуществления такой идеи.

О своей поддержке идеи Антарктического парка нетронутой природы заявила известная международная организация «Грин пис».

New Scientist. 1989. Vol. 122. № 1667. P. 20 (Великобритания).

Ботаника

Необычный способ питания у орхидей

Ботаникам известно несколько видов растений, которые заманивают нектаром насекомых, а затем переваривают их. Недавно к их числу отнесена и *Schomburgkia tibicinis*, встречающаяся в Центральной Америке. Однако манеры ее решительно отличаются от других насекомоядных растений.

Специалисты и раньше знали, что в комьях клубней этой орхидеи нередко селятся муравьи. Такой симбиоз взаимовыгоден: муравьи рядом с домом берут сладкий нектар, а растение избавляется от насекомых-вредителей, которых муравьи отпугивают или охотно поедают. Так считалось до сих пор. Однако недавно группа ботаников из Веракрусского университета (Мексика) во главе с В. Рико-Греем (V. Rico-Gray) убедилась, что эти орхидеи свою выгоду получают совсем иным способом.

Было замечено, что муравьи нередко заполняют пустоты в клубнях орхидей детритом — отходами жизнедеятельности, трупными сородичей, кусочками растительной ткани, семенами, песчинками. Посчитали, что на такой «свалке» взрослые муравьи выращивают свою молодежь, однако оставалось неясным, почему многие из таких забытых детритом полостей не использовались. Но вскоре исследователи обнаружили, что у некоторых орхидей этого вида в клубневые пустоты прорастает их же собственный корень,

видимо и черпающий оттуда питательные вещества. Для проверки этого предположения они скормили жившим поблизости муравьям радиоактивный мед, затем умертвили их и поместили внутрь клубневых пустот. В результате слабая радиоактивность проявилась во всех частях растения. Очевидно, из трупа муравья меченое вещество перешло в стенки клубня, а оттуда — в ствол и листья орхидеи, причем наибольшее его количество сконцентрировалось в молодом корне, вросшем в свой же клубень.

Гладкие почерневшие стенки внутриклубневых ходов Рико-Грей уподобил «кишечнику» растения, в котором гниющие остатки детрита превращаются в необходимые питательные вещества. Пока, правда, неясно, переваривает ли растение эту пищу с помощью собственных ферментов или же предоставляет это делать микробам. Одно очевидно: такая подкормка очень важна орхидеям для выживания, ибо этот вид растет не на земле, а на ветвях тропических деревьев, где обычные питательные вещества в дефиците. В случаях, когда на орхидею муравьев вовсе не было, растение выглядело угнетенным, мелкорослым.

Не исключено, что такой способ питания будет обнаружен и у других растений.

American Journal of Botany. 1989. Vol. 76. P. 603 (США); New Scientist. 1989. Vol. 123. № 1676. P. 31 (Великобритания).

Экология

Как избавиться от «бурого змея»!

До 1950 г. на о. Гуам (самом крупном из Марианских о-вов) встречался лишь один вид змей, да и тот вполне безопасный. Но однажды здесь обнаружили бурую древесную змею — бойгу (*Boiga irregularis*), ненароком завезенную из Папуа-Новой Гвинеи. С тех пор бойга сильно размножилась: специалисты полагают, что ныне в среднем насчитывается около 4600 особей/км².

Будучи испуганной, бойга активно бросается на людей, а укусы ее очень ядовиты. Из 12 видов птиц, обитавших на Гуаме, эти хищные змеи уничтожили полностью 11 видов, да и оставшийся находится под угрозой исчезновения. Перестали встречаться на острове три вида летучих мышей и несколько видов ящериц. Птицеводы жалуются, что змеи разоряют их, пожирая цыплят и яйца. С 1984 г. змеи стали причиной свыше 500 случаев нарушения энергоснабжения: мачты электропередачи и подстанции оказались любимыми местами их отдыха — отсюда и замыкания в цепи. Нередко бойгу можно увидеть в плафоне лампы, в постели или ванной.

Так как Гуам служит перевалочной базой для военных объектов США на Тихом океане, теперь перед погрузкой судна приходится тщательно осматривать контейнеры и оборудование.

Положение изучала специальная комиссия биологов, на работу которой Пентагон выделил 2 млн долл. Обсуждается возможность применения против бойги биологических средств.

New Scientist. 1989. Vol. 121. № 1650. P. 27 (Великобритания).

Экология

«Вторая биосфера»

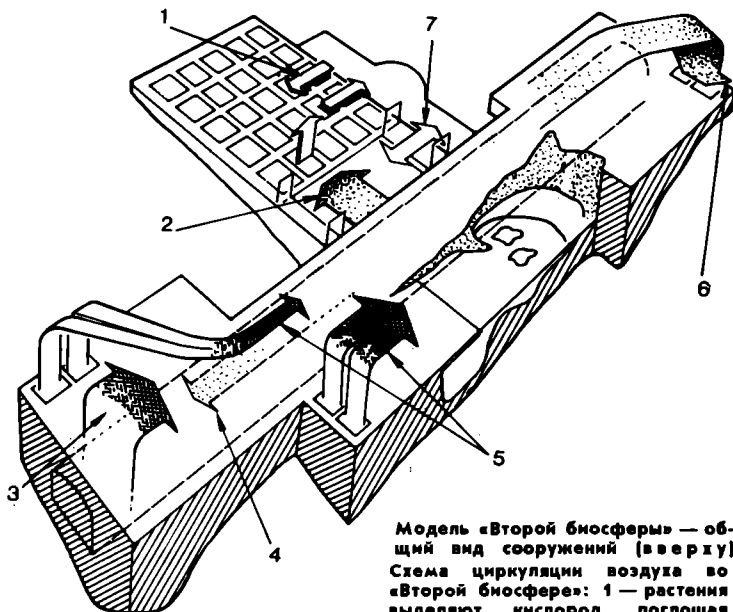
Американская фирма «Space Biospheres Ventures» приступила к осуществлению проекта «Вторая биосфера» — строительству огромного сооружения (площадь 1 га, объем 200 тыс. м³) с полностью замкнутой экологической системой, имитирующей естественную биосферу. С сентября 1990 г. в этом 5—6-этажном комплексе герметичных зданий (извне через прозрачное покрытие поступает лишь солнечная энергия) поселятся 8 «биосферцев» — по четверо мужчин и женщин, которых выберут из 14 претендентов. Единственной их связью с внешним миром будет радио и телевидение.

«Вторая биосфера» (первый корпус этого комплекса

вместимостью 500 м³ уже вступил в строй) расположена на пустынной территории штата Аризона, в 60 км к северу от г. Тусона. В ней будут представлены различные экосистемы — влажный тропический лес, болота, пустыни, саванны; сооружены бассейны для рыб, инсектариум с 250 видами насекомых; всего же в этой искусственно созданной среде будет обитать примерно 4 тыс. видов растений и животных.

Поступление солнечной энергии регулируется жалюзи, автоматически управляемыми ЭВМ. Чтобы в замкнутой атмосфере не концентрировались вредные газы, создана система очистки, в которой воздух продувается через утрамбованную почву, где естественные и специально внедренные микроорганизмы будут их окислять. Комплекс сооружается на склоне холма, чтобы разница в высоте и температуре вызвала конвекцию, которая наряду с вентиляторами обеспечит циркуляцию воздуха. Осадки создаст взаимодействие «океана» диаметром 8 м с влажным тропическим лесом. В «океан» впадает ручей, протекающий через лес и болото. Воздух, насыщенный влагой над «океаном», пройдя сквозь охлаждающие змевики, вызовет дождь или росу. Полный круговорот воды займет около недели.

В «тропиках» будут произрастать съедобные растения (бананы и т. п.), в «океане» — водиться рыба; около 30 кур снабдят биосферцев животным белком и яйцами, а три африканских карликовых козы — молоком. Но основную часть пищи даст им интенсивная система растениеводства, разработанная в Лаборатории по изучению окружающей среды при Университете штата Аризона. Все отходы жизнедеятельности будут перерабатываться и использоваться для подкормки 140 видов полезных растений (необходимые нитраты и нитриты можно добывать, в частности, из аммиака, содержащегося в экскрементах съедобной рыбы тилапии). Уничтожать вредителей станут хищные насекомые (божьи коровки, стрекозы и др.). Для опыления растений предполагается использовать колибри — подхо-



дящий для этого вид обнаружен в Мексике. Травянистую растительность саванн в естественной среде перерабатывают жвачные животные; во «Второй биосфере» их, по-видимому, заменят термиты.

В марте 1989 г. пять суток провела во «Второй биосфере» Э. Эллинг (A. Alling), специалист по морской биологии из Великобритании. Ей — пока единственному представителю животного мира — предстояло установить, не изменит ли ее пребывание в замкнутой системе соотношение углекислого газа и кислорода.

Начатый эксперимент, в котором участвуют Смитсоновский институт (Вашингтон), Музей им. Бишоп (Гонолулу, штат Гавайи), Университет штата Аризона, Нью-Йоркский ботанический сад и Ботанический сад Кью (Великобритания), преследует две главные цели. Во-первых, получить научные данные для

Модель «Второй биосферы» — общий вид сооружений (вверху)
Схема циркуляции воздуха во «Второй биосфере»: 1 — растения выделяют кислород, поглощая углекислый газ, животные — наоборот; 2 — использованный воздух проходит через почвенные фильтры; 3 — горячий воздух поднимается вверх; 4 — вентиляторы в туннеле создают циркуляцию воздуха; 5 — отфильтрованный воздух возвращается через «пустыню» и «саванну»; 6 — охлажденный воздух опускается и снова попадает в туннель; 7 — воздух для среды обитания охлаждается и фильтруется в сельскохозяйственном отсеке.

разумного управления естественной биосферой, в частности проследить за приспособлением среды к усиливающемуся парниковому эффекту. В систему можно ввести контролируемые загрязнители, а также созданные с помощью генной инженерии организмы для изучения последствий их взаимодействия со средой. Подобные искусственные биосферы можно было бы использовать для спасения и разведения исчезающих видов растений и животных.

Вторая цель связана с космическими исследованиями, в том числе с перспективой заселения других планет. К примеру, только на путь к Марсу и обратно потребуется не менее трех лет. Национальная комиссия США по космосу, поддерживающая проект «Вторая биосфера», считает возможным создать к 2017 г. поселения на Луне, а к 2027 г. — на Марсе. К проекту проявил интерес Эйссковский исследовательский центр НАСА; обсуждаются вопросы взаимодействия с Европейским космическим агентством и соответствующими организациями СССР, накопившими немалый опыт биомедицинских исследований в космосе и наземных установках, имитирующих внеземные условия.

Проект финансирует те-хасский мультимиллионер Э. Басс, выделивший 30 млн долл. Правда, неясно, в какой мере полученные результаты станут достоянием научной общественности, а в какой — его коммерческой собственностью.

New Scientist. 1989. Vol. 121. № 1656. P. 34—35 (Великобритания).

Геология

Грязевые вулканы в Черном море

Как сообщают М. К. Иванов, А. И. Конохов, Л. М. Кулиничский и А. А. Мусатов (Московский государственный университет), во время учебной практики студентов летом 1988 г. на научно-исследовательском судне «Феодосия» открыты два грязевых вулкана в центральной части Черного моря. В соответствии с существующей традицией присваивать крупным грязевым вулканам имена собственные, авторы предложили одному дать название «Московский университет», а другому — имя видного геолога-нефтяника, литолога и геохимика Н. Б. Вассовича.

Ныне в мире известно свыше 600 грязевых вулканов, которые справедливо считаются «бесплатной разведочной буровой». С ними обычно связаны месторождения железных руд, самородной серы, грабчевых гра-

зей, разнообразных минеральных ассоциаций и строительных материалов; они служат прямым указанием на нефтегазоносность недр; к глубоководным грязевым вулканам приурочены обширные поля кристаллогидратов углеводородных газов; велика их роль в познании геологического строения глубоководно погруженных горизонтов, ибо корни их уходят в недра на 8—10 км.

Обнаруженные грязевые вулканы отчетливо выражены в рельефе дна. Один из них возвышается на 80 м над плоским дном котловины на глубине 2180 м. На сейсмоакустическом профиле хорошо видны кратер и обрамляющий его вал. По данным непрерывного сейсмического профилирования, тело вулкана прослеживается на 1300—1500 м от дна. Плоская вершина конуса имеет в диаметре около 500 м, а неровное дно кратера опущено относительно обрамляющего вала на 10—15 м. Второй вулкан, расположенный на глубине моря 2210 м в 30 км к юго-востоку от первого, значительно меньше.

На обоих вулканах произведен отбор осадочных колонок. Под маломощным (десяти сантиметров) чехлом позднечетвертичных отложений залегают типичные сопочные брекчии, в которых встречаются обломки глауконитовых песчаников (широко распространенных в сопочных брекчиях таманских и керченских вулканов), известняков, доломитов, аргиллитов, тонко-слоистых алевролитов и др. Брекчии сцементированы плотной глинистой массой темно-коричневого или светло-серого цвета, напоминающей майкопские глины, с которыми связывают грязевую вулканизм в Предкавказье и на Керченском п-ове.

Примечательно, что из всех 14 колонок, отобранных на вулканах и вблизи них, нет хотя бы двух идентичных по строению верхней слоистой части разреза. Видимо, такая резкая факультальная изменчивость создана самими вулканами в процессе их деятельности.

Во всех колонках, сложенных сопочной брекчией, песком и глинистым алевролитом, долго и интенсивно выделялся газ, что, по предположению авторов, свя-

зано с распадом газовых гидратов, заполнявших поровое пространство.

Судя по строению верхних частей колонок, вулканы в настоящее время не активны.

Вестник Московского университета. Серия 4, геология. 1989. № 3. С. 48—53.

Геофизика

Земля: «крутое яйцо» или «всмятку»?

Всякий знает, что вареное яйцо вращается гораздо быстрее и дольше, чем сырое. Эта незамысловатая аналогия невольно напрашивается при знакомстве с докладом Р. Мюллера и Д. Морриса (R. Muller, D. Morris; Лоуренсовская лаборатория, Беркли, штат Калифорния) на конференции Американского геофизического союза, состоявшейся в 1989 г. в Балтиморе. Они пытаются по-новому объяснить причины резких изменений магнитного поля Земли.

Большинство геофизиков считают, что геомагнитное поле возникает под воздействием течений во внешней, жидкой части земного ядра. Но на этом единство специалистов заканчивается; как именно это происходит, почему магнитное поле то ослабевает, то усиливается, то меняет направленность — остается загадкой. Некоторые превлекают для объяснения метеориты, которые, падая на Землю, якобы заставляют ее магнитное поле «вздрагивать». Но такая гипотеза находила в последние годы все меньше сторонников. Мюллер и Моррис решили возродить ее.

Столкновения нашей планеты с небесными телами, мощные вулканические извержения способны выбрасывать в атмосферу столько пылевых частиц, что солнечные лучи едва пробиваются к поверхности Земли. Естественно, наступает похолодание; в полярных районах возникает или увеличивается площадь ледяных шапок и центр масс планеты смещается. Известно: чем большая часть массы вращающегося тела располагается около оси вращения, тем

быстрее вращение (к примеру, фигуристы, решив ускорить вращение, всегда прижимают руки к туловищу). Значит, скопления превратившейся в лед воды у полюсов, где ось вращения планеты «выходит» на поверхность, вызывают тот же эффект. Тут и возникает аналогия с яйцом: как и у сырого яйца, жидкая часть земных недр не прикреплена к твердой оболочке, поэтому ускорение вращения не может охватить все ядро одновременно. Когда литосфера и мантия уже «разогнались», трение и электромагнитные силы начинают «тянуть» за собой внешние слои жидкого ядра, но более глубокие отстают, причем такое отставание может затягиваться на столетия. Авторы считают, что это и вызывает изменения магнитного поля Земли: вариации скорости вращения порождают хаотические движения в жидких слоях и тем самым ослабляют геомагнитное поле. Когда же в ядре восстанавливается равномерное вращение с большей скоростью, магнитное поле снова усиливается. Но поначалу его направленность неустойчива, так что северный магнитный полюс может превратиться в южный. По мнению ав-

торов, некоторые обращения геомагнитного поля вполне объяснимы таким механизмом.

Science News. 1989. Vol. 135. № 20. P. 319 (США).

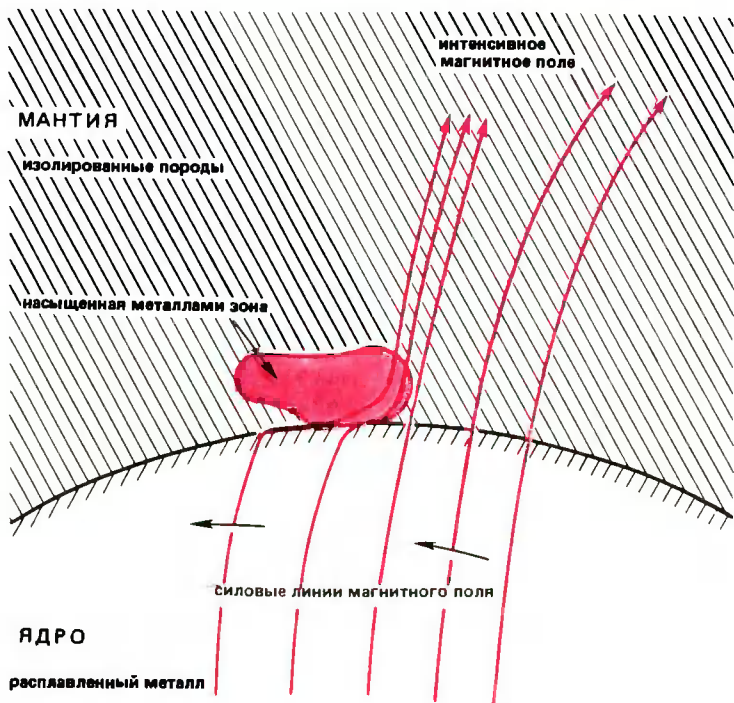
Геофизика

«Блуждающие» магнитные полюса

Р. Жанлоз (R. Jeanlos; Университет штата Калифорния, Беркли) по-новому объяснил, почему перемещаются магнитные полюса Земли.

Моделирование показывает, что на глубине около 3 тыс. км, вблизи границы между мантией и ядром образуются гигантские «комья» из богатых железом сплавов. Видимо, они и отклоняют линии геомагнитного поля, заставляя их в одних районах сгущаться, а в других — расходиться. Это должно проявляться в наблюдаемых изменениях магнитного поля на поверхности

Схема взаимодействия ядра и мантии, проводящего с смещению магнитных силовых линий.



планеты и со временем приведения к изменению местонахождения магнитных полюсов Земли.

До сих пор считалось, что региональные изменения интенсивности магнитного поля связаны только с процессами в жидком металлическом ядре Земли, а не в мантии.

Geotimes. 1989. Vol. 34. № 4. P. 21 (США).

Сейсмология

Прогноз оправдался

Х. К. Гупта и Х. Н. Сингх [Н. К. Gupta, H. N. Singh; Кочинский университет науки и техники, Индия] в 1986 г. опубликовали прогноз, по которому до конца 1990 г. в северо-восточной Индии, на границе с Союзом Мьянма (бывшая Бирма) должно произойти мощное землетрясение.

Штат Ассам, расположенный в этом районе, представляет собой высокосейсмичную зону: с 1896 по 1986 г. здесь произошло 10 землетрясений с магнитудой $M \geq 7,5$. Среди них были и катастрофические события — 12 июня 1897 г. и 15 августа 1950 г. (в обоих случаях $M=8,7$). Последнее перед публикацией прогноза землетрясение отмечалось 17 августа 1952 г.

Анализируя данные по всем этим сейсмическим событиям, исследователи установили, что магнитуда главного толчка зависит от интенсивности самого крупного из обычно предшествующих главному событию «роя» слабых землетрясений (форшоков). Была выведена формула, связывающая магнитуду главного толчка, среднюю магнитуду двух крупнейших сейсмических событий «роя» и временной интервал (в сутках) между первым форшоком и главным толчком. Учитывалась также длительность сейсмического затишья, как правило, предшествовавшего катастрофе. Принято во внимание, что в 1964 г. четыре землетрясения в этом районе с $M=6,1$ следовали друг за другом с очень малыми интервалами. Установлено и увеличение сейсмической активности (в не-

сколько раз) во время «роя» по сравнению с фоновой активностью в предшествующий период. На основании пространственного распределения «роев» очерчена зона площадью 130 тыс. км², которую можно считать областью подготовки будущего землетрясения.

К моменту публикации прогноза с начала последнего «роя» прошло 36 лет, а средняя магнитуда двух его крупнейших событий составляла 6,6. Исходя из этого, в течение ближайших четырех лет в районе, ограниченном 21—25,5° с. ш. и 93—96° в. д., предполагалось землетрясение с $M=8\pm 1,5$ и глубиной очага 100±40 км. В случае, если землетрясение не произойдет, авторы прогноза готовы признать свою неудачу.

6 августа 1988 г. произошло мощное землетрясение с эпицентром в точке с координатами 25,12° с. ш. и 95,17° в. д., магнитудой 7,5 и глубиной очага 115 км. Таким образом, прогноз оказался достаточно точным. Однако применима ли такая методика к другим сейсмоактивным регионам Земли, по мнению самих авторов, пока не ясно. Eos. Transactions of the American Geophysical Union. 1988. Vol. 69. N 49. P. 1620 (США).

Океанология

С какой скоростью нагревается океан?

Мировой океан, как известно, — главный аккумулятор тепловой энергии в системе океан — атмосфера. Поэтому любые изменения его средней температуры влияют на климат Земли. Данные измерений, выполненных традиционными методами (с судов, измерительных буев и т. п.), свидетельствуют, что за последние десятилетия температура Мирового океана повысилась (видимо, в связи с парниковым эффектом). Однако для прогнозирования климата необходимо достоверно знать скорость нагрева океана. Такая возможность появилась благодаря накоплению большого массива спутниковых данных о температуре поверхности океана (ТПО).

А. Стронг (A. E. Strong; NOAA — Национальное управ-

ление США по изучению океана и атмосферы) проанализировал данные о ТПО, полученные в 1982—1988 гг. с помощью инфракрасного радиометра, установленного на ИСЗ серии «НОАА». Он вычислил среднемесячные значения ТПО, осредненные по участкам акватории Мирового океана 270×270 км. Каждое значение находилось примерно из 1 млн отдельных спутниковых измерений. Затем были рассчитаны среднемесячные ТПО в полосе от 60° с. ш. до 60° ю. ш. и построен их ход в 1982—1988 гг. Установлено, что за этот период средняя ТПО увеличилась на 0,1° в год. Это примерно вдвое выше оценок, сделанных на основе традиционных данных, что можно, видимо, объяснить их малым количеством и неравномерным распределением. Полученное Стронгом высокое значение скорости нагрева океана должно внести существенные поправки в прогнозы климата.

Nature. 1989. Vol. 338. No 6217. P. 642—645 (Великобритания).

Океанология

Подводный вулканизм — первопричина Эль-Ниньо!

Г. Шоу и Дж. Мур (H. Shaw, J. Moor; Геологическая служба США), изучив данные съемки рельефа дна, проведенных с помощью сонара у Гавайских о-вов и вдоль Восточно-Тихоокеанского поднятия (от Калифорнийского залива до о. Пасхи), показали, что на дно изливается гораздо больше лавы, чем считалось ранее. С лавой в океан поступают огромные потоки тепла, которые вносят нарушения в тепловую и динамический режимы восточной части тропической области Тихого океана.

Эти процессы, по мнению авторов, служат первопричиной периодического повторяющегося явления Эль-Ниньо. Эту точку зрения недавно поддержал сейсмолог Д. Уолкер (D. Walker; Институт геофизики при университете штата Гавайи, США), отметивший, что в 1965—1987 гг. прослеживается тесная связь

между ростом числа подводных землетрясений и проявлений вулканизма в районе о. Пасхи и периодами развития Эль-Ниньо.

Environment. 1989. Vol. 31. No 1. P. 22 (США).

Океанология

Уровень Мирового океана поднимается

Вдвое быстрее, чем предполагалось, идет ныне ежегодное повышение уровня Мирового океана. К такому выводу пришла группа канадских специалистов из Торонтского университета, возглавляемая Р. Пельтье (R. Peltier).

В последнее столетие, согласно имеющимся данным, уровень океана ежегодно поднимался на 1,2—1,4 мм. Связано это как с тепловым расширением воды, так и с таянием ледников из-за общего повышения температуры на Земле. Группа Пельтье в своих расчетах учитывала подъемы и опускания суши под действием тектонических сил, а также воздымание материков в результате «разгрузки» от гигантского давления ледников по мере их таяния; последний факт делает видимый подъем уровня океана менее заметным.

Автор считает, что за последние 50 лет истинное повышение уровня океана составляет $2,4\pm 0,9$ мм/год.

New Scientist. 1989. Vol. 122. No 1662. P. 27 (Великобритания).

Климатология

Потепление — не повсеместно

К. Хансон [K. Hanson; Лаборатория атмосферных процессов Национального управления США по изучению океана и атмосферы, Майами, штат Флорида], проведя статистический анализ погодных данных по территории США, пришел к выводу, что доказательств заметной тенденции к увеличению средних температур и осадков

в Северной Америке за период с 1895 г. нет. Не отрицая парникового эффекта, он настаивает на том, что связанное с ним потепление пока еще не сказывается на территории США.

Из опубликованной ранее работы другого климатолога — Дж. Хансена (J. Hansen; Институт космических исследований им. Годдарда НАСА)¹ следовало, что за последнее столетие произошло глобальное потепление на 0,5°. Однако климатические факторы могут существенно меняться от региона к региону. Территория США — это около 1,5 % поверхности Земли, и локальные отклонения от общей тенденции вполне допустимы. К. Хансон признает, что на 0,25°, т. е. на половину глобальной величины, средние температуры в США могли повыситься, но статистического значения это не имеет, поскольку крупные локальные перепады здесь наблюдаются от года к году.

New Scientist. 1989. Vol. 121. № 1650. P. 25 (Великобритания).

Климатология

Облачность и климат

Облачный покров, отражая значительную часть поступающей от Солнца радиации, примерно вдвое увеличивает отражающую способность нашей планеты и потому охлаждает ее. С другой стороны, он удерживает от ухода в космос часть переизлучаемой поверхностью Земли тепловой энергии, чем способствует повышению температуры. Эти две взаимопrotivоречащие функции облачного покрова давно изучают климатологи.

Важным этапом этих исследований стал запуск метеорологических спутников: «ERBS» (Earth Radiation Budget Satellite — спутник для изучения радиационного баланса Земли) и «НОАА-9» — спутник Национального управления США по изучению атмосферы и океана). Первый выведен на орбиту в ок-

тябре, второй — в декабре 1984 г.; ныне завершён анализ данных за период до апреля 1985 г.

Наиболее «темная» (наименее отражающая) область поверхности Земли — Мировой океан, отдающий в тропической части менее 10 % солнечной радиации. Самая большая отражающая способность — у полярных ледяных шапок, но и гигантские пустыни отражают около 40 % радиации. На суше наименьшее альбедо (10—15 %) — у тропических лесов. Облачность не пропускает на земную поверхность в тропиках до 100 Вт/м², что примерно совпадает с величиной удерживаемого здесь ею же теплового излучения Земли. Подобная сбалансированность влияет на вертикальное распределение тепла: у поверхности Земли атмосфера прохладнее, а на больших высотах — теплее. Вне тропиков облачность ведет к общему охлаждению, сокращая приход энергии на 50—100 Вт/м². Спутниковые данные показывают, что облачность уменьшает обогрев планеты в среднем на 13,2 Вт/м².

Эффект от облаков в 3—5 раз сильнее, чем парниковый, связанный с ростом содержания в атмосфере CO₂, причем они действуют в противоположных направлениях.

Облачностью можно объяснить некоторые климатические сдвиги в прошлом. Так, в ледниковую эпоху холодные океанические воды распространились от полярных областей в умеренные. Этому могло способствовать перемещение к экватору и воздушных потоков, несущих облачность. В результате похолодание из-за облаков продвинулось ближе к экватору.

Моделирование показывает, что перемещение штурмов от 45° к 35° с. ш., сохраняющееся в течение года, может усилить охлаждающий эффект облачности над всем Северным полушарием примерно на 3 Вт/м².

Вполне вероятно, что следствием парникового эффекта будет рост облачности по вертикали, при этом верхние ее слои охладятся, а нижние нагреются сильнее. Но если параллельно с вертикальными размерами облачности возрастет и ее

площадь за счет усилившегося испарения, температуры могут стабилизироваться.

Science. 1989. Vol. 243. N 4887. P. 57 (США).

Палеонтология

Древнейший гекконид

Местонахождение Хобур (МНР, Убур-Хангайский аймак) широко известно благодаря большому количеству мелких костей ископаемых животных. Их добыча велась не совсем обычным способом — путем промывки через сито. Таким образом было отработано около 150 т костеносной породы. Вместе с костями и зубами очень редких раннемеловых (136—100 млн лет) млекопитающих, динозавров, черепах и остатками растений, насекомых и ракообразных были найдены и фрагменты скелетов ящериц.

В. Р. Алифанов (Палеонтологический институт АН СССР, Москва) описал этих ящериц как *Hoburogekko suchanovi* и с уверенностью определил их принадлежность к семейству гекконид.

Во всем мире из раннемелового периода известны лишь единичные находки ящериц, причем их интерпретация не очень достоверна. Например, *Conicodontosaurus kannsienensis* Young (1973) из Китая диагностирована ненадежно и датирована не точно; фрагменты челюстей *Oxia karakalpakensis* Nessov и *Hodzhakulia magna* Nessov (1985), несомненно, принадлежат ящерицам, однако более определенно не систематизированы.

Группа гекконид ныне распространена в теплом поясе всех материков. Гекконы — некрупные ящерицы, ведущие ночной образ жизни и питающиеся насекомыми. Большинство предыдущих находок гекконов относятся к неогену (25—1,8 млн лет) и, в основном, принадлежат к современным родам. Наиболее древние из ранее найденных относятся к позднему меловому (100—66 млн лет) отложениям Монголии, палеоценовым (66—56 млн лет) Южной Америки и эоценовым (56—46 млн лет)

¹ См.: Засуха и парниковый эффект // Природа. 1989. № 9.

Западной Европы и Северной Америки, однако достоверна датировка только первой находки.

Таким образом, *Hoburogekke* — самая древняя из найденных гекконид в мире; несмотря на это, она поразительно похожа на современные формы, и только такой признак, как незамкнутость меккелева канала зубной кости, выдает ее архаичность.

Палеонтологический журнал. 1989.
№ 1. С. 124—126.

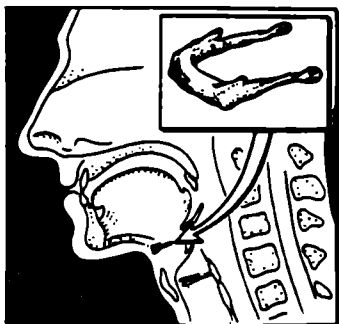
Антропология

Когда появилась речь?

Время, когда предки человека научились связно говорить, остается предметом острой дискуссии среди антропологов. Так, представители школы Ф. Тобиаса (Ph. Tobias; Витватерсрандский университет, ЮАР) утверждают, что это произошло около 2 млн лет назад, когда появились первые люди. Другие специалисты считают, что это случилось не более 100 тыс. лет назад, в эпоху появления человека, анатомически сходного с нынешним *Homo sapiens*.

Есть и такие, и среди них Д. Лейтман (J. Laitman; Маунт-Синайская медицинская школа, Нью-Йорк, США), кто придерживается точки зрения, согласно которой языковые способности впервые могли проявиться у человека прямоходящего примерно 1,5 млн лет назад, но на полное овладение этим «даром», совершенствование речевого аппарата до его нынешнего состояния ушло около 1 млн лет.

При раскопках на горе Кармель (Израиль) в 1983 г. обнаружен скелет неандертальца, жившего 50—60 тыс. лет назад; его череп и стопы обеих ног отсутствуют, но остальная скелет отлично сохранился. Находка уникальна тем, что удалось выявить гионд — U-образную подязычную кость, играющую важную роль в речевом аппарате современного человека. Это — очень хрупкая «деталь» организма, частично состоящая из хрящевой ткани, и в находках ископаемого человека в сохранности встречается впервые.



Гионд — мелкая кость (на врезке), присутствующая в речевом аппарате человека.

У современных людей гионд находится у основания шеи, под подбородком, непосредственно над кадыком (адамово яблоко). Мускулами и связками он соединен с выступом, отходящим от височной кости, языком, нижней челюстью и хрящами, окружающими гортань, и участвует в речи наряду с языком, челюстями и гортанью.

Анализируя находку, Б. Аренсберг и Й. Рак (B. Arensberg, J. Rak; Тель-Авивский университет, Израиль) установили, что ископаемый гионд неотличим от современного. Очевидно, расположение связанных с ним мускулов также было идентичным. По мнению исследователей, несмотря на тяжесть челюстей, неандерталец мог обладать даром речи.

К сожалению, из всего речевого аппарата неандертальца найдена только эта кость; отсутствуют хрящевые части, язык и другие мягкие ткани. Без остатков черепа невозможно установить детали строения ротовой и носовой полостей, что снижает достоверность окончательных выводов.

Nature. 1989. Vol. 338. № 6217.

P. 758; New Scientist. 1989.

Vol. 123. № 1671. P. 43

(Великобритания).

Археология

Самые южные из доисторических людей

Группа археологов во главе с Р. Косгроувом (R. Cosgrove;

Университет Мельбурна, Австралия) провела раскопки во внутренних областях о. Тасмания, которые до сих пор считались незаселенными в каменном веке. В пещере Блаф-Кейв над р. Флорентайн, на высоте 400 м над ур. м. обнаружены многочисленные следы поселения, охватывающие период между 30 750 и 11 630 лет назад. Здесь находились кострища и остатки приготовленной на огне пищи, главным образом животных, в том числе страуса эму, кенгуру и мелких млекопитающих.

Ранее полагали, что первые люди поселились на Тасмании не ранее 23 тыс. лет назад; теперь же это событие отодвигается примерно на 7 тыс. лет. Считалось, что места расселения ограничивались поросшими лесом низинами вблизи от побережья. Ныне эти представления подлежат пересмотру.

Археологи исследовали также скальное укрытие над р. Шаннон, на высоте 440 м над ур. м., в одном из безлесных районов южной окраины внутренней части Тасмании. 18 тыс. лет назад климат здесь был весьма холодным, но человек заселил это укрытие около 30 840 лет назад, а последние следы имеют возраст всего 2500 лет. Пищей этим людям служили в основном те же животные, что и жителям пещеры Блаф-Кейв. Это заметно отличает их от известного древнего человека, жившего 20 тыс. лет назад в долине р. Франклин и питавшегося почти исключительно мясом кенгуру-валлаби.

Как же древние люди попали на Тасманию? Последние открытия согласуются с предположением, что экспансия шла сухопутным путем. В позднем плейстоцене (29—37 тыс. лет назад) уровень моря здесь был примерно на 55 м ниже нынешнего, и пролив Басса, сегодня отделяющий Тасманию от Австралии и имеющий минимальную ширину, местами пересыхал. Заселившие Тасманию надолго стали самыми южными людьми нашей планеты.

Science. 1989. Vol. 243. P. 1706. (США); New Scientist. 1989. Vol. 122. № 1666. P. 39 (Великобритания).

Европейское космическое агентство намерено продолжить эксплуатацию космического аппарата «Джотто», который после встречи с кометой Галлея был переведен на гелиоцентрическую орбиту. 2 июля 1990 г. «Джотто», проходя на минимальном расстоянии от Земли, в результате коррекции в поле ее тяготения будет переведен на траекторию полета к комете Григга — Скьеллерупа и встретится с ней 10 июля 1992 г.

Flight International. 1989. Vol. 135. № 4165. P. 19 (Великобритания).

В Институте космических телескопов (Балтимор, штат Мэриленд, США) завершена работа по созданию самого большого каталога звезд. Он почти в 60 раз богаче любого из существующих каталогов и содержит данные о координатах и звездных величинах 18 819 291 небесного объекта.

Science News. 1989. Vol. 136. № 9. P. 143 (США).

Математики Колумбийского университета (США) вычислили 480 млн десятичных знаков числа π , побив тем самым прежний рекорд — 201 млн знаков.

Popular Science. 1989. Vol. 235. № 3. P. 14 (США).

В Японии с 1990 г. предполагается строительство комплекса по хранению и переработке отработанного ядерного топлива. Хранилище, сооружение которого завершится в 1993 г., сможет вместить 1440 канистр из нержавеющей стали с остеклованными радиоактивными отходами. Строительство завода, который будет перерабатывать в год до 900 т использованного ядерного топлива, должно быть закончено в 1996 г.

Engineering News Record. 1989. Vol. 222. № 14. P. 34 (США).

А. А. Гаспарян и А. Н. Провоторов (ЦНИИЭПсельстрой), предложив использовать тепловой удар (резкий температурный скачок) для ускорения полимеризации «коктейля» из лигносульфонатов (отходов целлюлозно-бумажных комбинатов, ежегодно выделяемых ими в колоссальных количествах — до 10 млн т) и гликолей (отходов химического производства), открыли неограниченные возможности для получения минеральной ваты — традиционного утеплителя домов. Новый способ (а. с. № 998 418) позволит сберечь не только 40 млн руб. в год, но и отравляемые этими отходами реки и озера.

Изобретатель и рационализатор. 1989. № 1. С. 6—7.

В Швеции разработан состав, позволяющий герметизировать материалы с ворсистой или пористой поверхностью, в которых накапливается пыль. На поверхности, обработанной таким составом, образуется упороченный волокнами гель, формирующий после высушивания прочную нерастворимую в воде пленку.

The Financial Times. 1989. № 30846. P. 11 (Великобритания).

За 30 лет в США число инсультов увеличилось, а смертность от них сокращалась. Рост числа инсультов частично связан с совершенствованием диагностики, в частности учетом кратковременных ишемических приступов как фактора риска и использованием компьютерной томографии. В снижении же смертности большую роль отводят профилактике повторных инсультов благодаря применению противотромботических препаратов, например тиклопидина, которые, однако, могут вызывать побочные эффекты.

Medical Tribune. 1989. Vol. 30. № 9. P. 13 (США).

Один из способов избавления жителей больших городов от смога, связанного с газообразными выбросами заводов, теплоцентралей, котельных, — сооружение высоких вытяжных труб. Однако современные материалы и технология ведения работ не позволяют строить трубы выше 500 м. О. Малинин (Казахстанское отделение «Сельхозэнергопроекта») предложил новое техническое решение (а. с. № 1286716): вытяжную трубу хоть километровой высоты можно возводить из секций, в которых между внешней и внутренней оболочками находится негорючий газ легче воздуха, например гелий.

Изобретатель и рационализатор. 1989. № 1. С. 8—9.

Ю. П. Лебедеенко (МГУ) опытным путем установил, что при взаимодействии мерзлых пород с водными растворами солей происходит хемогенное вспучивание и осадка пород. Тип деформации зависит от внешних термодинамических условий, дисперсности, минерального и химического состава пород и водных растворов. Например, с ростом дисперсности пород и содержания в них минералов группы каолинита вспучивание усиливается.

Вестник Московского университета. Серия 4, геология. 1989. № 3. С. 60—70.

250 тыс. т органических и неорганических бытовых отходов, включая пластмассы, стекло, алюминиевые банки, будет ежегодно перерабатывать завод в штате Флорида (США). На основе биохимических процессов предполагается из этих отходов производить 175 тыс. т удобренной, содержащих наряду с азотом, фосфором и калием также магний, серу, марганец и цинк.

Engineering News Record. 1989. Vol. 222. № 25. P. 18 (США).

Маршруты А.Н.Фрумкина

Ю. Г. Чирков,
доктор химических наук
Москва

В НАШЕ время, когда авторитет науки резко упал, когда самозванные целители обещают посредством телесеансов оздоровить миллионы, а газеты печатают интервью с астрологами и гороскопы на каждый день («день хороший для украшения собственного домашнего очага, для приема гостей...»), «благоприятен для музыкантов и художников, модельеров и модниц...»), когда ведутся квазичужие разговоры о биологической трансмутации химических элементов — мнимом превращении в зеленом листе одних атомов в другие (новая алхимия?), важно не только разоблачать все виды и оттенки шарлатанства, но и активно заниматься популяризацией науки, пропагандировать научное мышление. Крайне полезна, в этом смысле серия «Ученые СССР. Очерки, воспоминания, материалы», начавшая выходить с 1986 г. в издательстве «Наука». Ее очередной выпуск (до этого я видел книги о А. Н. Несмеянове и И. Я. Померанчуке) посвящен академику А. Н. Фрумкину (1895—1976). В книгу вошли статьи, показывающие значение научных трудов и организационных дел Фрумкина, воспоминания учеников, советских и иностранных коллег, родных и знакомых, а также публицистические выступления Фрумкина и его письма разных лет.

Почти полвека направлял Александр Наумович ход корабля советской электрохимии. Время показывает: курс был взят верный — наша электрохимия и ныне занимает ведущие позиции в мировой науке. Фрумкин оставил после себя не только примерно полтысячи научных работ, главные из которых посвящены кинетике и механизмам электрохимических процессов, развитию представления о строении двойного электрического слоя на границе металл — раствор,



Александр Наумович Фрумкин.
ОЧЕРКИ. ВОСПОМИНАНИЯ. МАТЕРИАЛЫ / Отв. ред. Я. П. Страдынь. М.: Наука, 1989. 431 с.

но и созданную им кафедру электрохимии МГУ, которой он заведовал с 1933 г., и другое свое детище — Институт электрохимии АН СССР (ИЭЛАН), который основан в 1957 г. и носит его имя. Оставил он и многочисленные учеников, научные традиции: ежегодно проводятся Фрумкинские чтения, раз в три года организуется Фрумкинский симпозиум (с 1988 г. он стал международным).

Маршруты Фрумкина в науке начались в Одессе. 1914 год. Начало первой мировой. Девятнадцатилетний юноша, бывший ученик реального училища св. Павла, уехавший за пределы России прослушать курс наук, спешно, с последним поездом возвращается в родной город. Возвращается без диплома о высшем образовании. Но министр народного просвещения граф Игнатъев, известный

либерал, разрешает сдать государственные экзамены за университетский курс экстерном. Трудная была задача: за шесть недель предстояло выдержать экзамены, которые полагалось сдавать в течение четырех лет. Всего набралось 24... И случилось чудо: студент получил 24 «отлично». Это стало сенсацией. Профессора в коллективном письме попечителю учебного округа просили оставить Фрумкина при Новороссийском (теперь Одесский) университете, но попечитель просьбе не внял, и пришлось Фрумкину начать с физико-химической лаборатории металлургического завода, а в свободное время приходить в университет, чтобы заниматься любимой электрохимией...

1922 год. Фрумкин переезжает в Москву, долго ищет работу, пока не знакомится с А. Н. Бахом. Начинаящего исследователя приглашают в Физико-химический институт, носящий ныне имя Л. Я. Карпова. В институте работали впоследствии известные химики: В. А. Каргин, С. С. Медведев, И. А. Казарновский, И. В. Петрянов-Соколов. Фрумкин: «Нас было мало. Мы были молоды, веселы, оптимистично настроены. Нас не слишком загружали мелкой практической работой. И каждый стремился выполнить серьезные исследования. С приборами в институте было туговато. Я раздобыл где-то старый электромотор, сходил на рынок, купил изолятор — по тем временам самый лучший, — несколько старых янтарных мундштуков. Сделал из них подставку. Меня волновал вопрос, каким концом поворачиваются органические молекулы к поверхности раствора на грани с воздухом: положительным или отрицательным? Для меня было существенным, чтобы они поворачивались положительным концом. Я обдумал этот опыт еще в Одессе и нако-

нец-то дорвался до настоящей работы. Сидел ночами в институте... Довольно скоро я уже докладывал эту свою работу в Германии в Геттингене. В зале сидели Борн, Франк, Поль...» (с. 350—351).

Первые научные работы Фрумкина опубликованы в 1914 г., когда ему было всего 18 лет. А уже в 1932 г. тридцатилетнему ученому решением Общего собрания Академии была присуждена ученая степень доктора химических наук. В тот же дважды счастливый для него день, одним прыжком, минуя обязательное теперь «членкорство», он был избран действительным членом АН СССР...

Кандидатура Фрумкина неоднократно (конец 50-х годов, в 1966, 1974) выдвигалась группами зарубежных ученых-электрохимиков — американцами, чехами, немцами — на соискание Нобелевской премии по химии. К сожалению, эти рекомендации не получили должного отклика у Нобелевского комитета (проявила себя недооценка электрохимии в системе химических наук второй половины XX в.).

Осенью 1975 г. в Алматы, где тогда собрался XI Менделеевский съезд, Фрумкин (ему почти 80, и это его последнее выступление на большом научном собрании) произносит вдохновенное «Слово о пользе электрохимии».

Однажды в беседе с пианистом А. Б. Гольденвейзером Лев Николаевич Толстой высказал давно, видимо, занимавшую его мысль. «Мне кажется, — говорил он, — что со временем вообще перестанут выдумывать художественные произведения. Будет совестно сочинять про какого-нибудь вымышленного Ивана Ивановича и Марью Петровну. Писатели, если они будут, будут не сочинять, а только рассказывать то значительное или интересное, что им случилось наблюдать в жизни». Похоже, что в нашу пору все большее число соотечественников начинает предпочитать творческому вымыслу документальные свидетельства о настоящем и прошлом. Таким читателям будут интересны материалы о жизни Фрумкина. Человека науки, человека эпохи.

...Послевоенные годы. Многие видные советские ученые, столько сделавшие для победы над фашизмом, стали мишенью для обвинений в космополитизме и низкопоклонстве перед Западом. Обильное цитирование работ в западной научной литературе, признание за рубежом научных заслуг ставилось в вину. Травлю, как правило, вели люди мелкие и невежественные, дело доходило до ситуаций анекдотических. В 1950 г. на 3-м Всесоюзном совещании по электрохимии, вспоминает Л. И. Кришталик, один из «обвинителей» Фрумкина и его школы заявил: «Мы построили социализм, мы строим коммунизм, а у них и (один из основных параметров в теории двойного электрического слоя.— Ю. Ч.) все еще равно половине» (с. 149).

Фрумкин рассказывал позднее, что в течение нескольких месяцев он и его жена — жили они тогда в известном доме Наркомтяжпрома в Спасо-Аликовском переулке — не ложились спать до четырех часов утра. «Мы хотели быть одетыми, когда придут за нами. Считалось, что после трех часов они не приезжают. Мы стояли у окна и смотрели, у какого подъезда останавливается машина... Я помню, как я пришел на Баховские чтения и увидел радостное изумление на лицах: „Сказали, что Вас арестовали!“ — „Как видите, еще нет...“» (с. 330).

В конце 40-х всемирно известный ученый был смещен с поста директора Института физической химии АН СССР. Но, к счастью, Фрумкин не был выброшен из науки. Ему предложили работать на Урале. А в 1949 ... наградили орденом Трудового Красного Знамени. Два года спустя ему была присуждена Государственная премия.

Несмотря на превратности своей научной карьеры, Фрумкин всегда оставался горячим патриотом. Эту его черту отмечают на страницах сборника многие иностранные ученые. В 1928 г. Фрумкин с женой, Амалией Давыдовной, в качестве «визитирующего» профессора оказался в Висконсинском университете. Его ректор как-то во время приватной беседы,

скрывая за шутливой формой вполне серьезное предложение, посоветовал остаться в Америке, не подвергать себя мучениям морской болезни, не пересекать океан на пароходе (самолеты так далеко тогда не летали) в обратном направлении. Пока Фрумкин подыскивал слова отказа поделкатнее, Амалия Давыдовна опередила его, выпалив по-английски: «Морская болезнь лучше, чем тоска по родине!» Фрумкин с юмором рассказывает об этом на страницах сборника.

Листаешь книгу (ее составителям хотелось бы пожелать, если состоится переиздание, расширить круг памяти, географию участников: они могли бы, к примеру, рассказать, как Фрумкин создавал и пестовал журнал «Электрохимия», про стиль его руководства ученым советом ИЭЛАН и про многое другое), вглядываясь в череду ушедших событий и видящего человека, весь строй жизни которого был целиком, без остатка посвящен служению науке. Об этом пишут М. Н. Емануэль, Б. Н. Кабанов, В. И. Гольданский, Б. В. Дерягин, Я. Б. Зельдович и многие другие. Перед нами возникает обаятельная личность, мы как бы ощущаем ее интеллектуальную мощь и увлеченность наукой, бескомпромиссность, пронизательность и ироничность. Очень человеческий и более критичный портрет Фрумкина рисует хорошо его знавший и высоко ценивший американский химик Дж. Бокрис:

«На мой взгляд, Фрумкин обладал психологической слабостью, разделяя всех своих коллег на «хороших» и «плохих». Так, услышав чье-либо имя, Фрумкин делал 10-миллисекундную паузу, решая, о друге или враге идет речь, а потом с жаром говорил: «О да, он хороший человек. О, его работа также превосходна!» Или: «Он мне не нравится. Его работа? — Бр-р-р».

... Всякий, кто осмеливался затронуть его работу, мог ожидать яростных нападок, безоглядно и настойчиво пробиваемых, если возможно, в западной литературе, а если нет, то в советском журнале, редактируемом, конечно же, Фрумкиным. Я знаю ученых с международным именем, которые не выска-

зывали своего мнения, чтобы избежать нападков, безоглядно нападков Фрумкина в литературе.

(...) Но позвольте сказать — и большинство ученых-электрохимиков мира со мной согласятся, — что академик Фрумкин был для нас великим человеком, не гением, а Великим Человеком, который 50 лет, как Солнце, сиял над Москвой и который вел и организовывал значительную часть исследований, осветивших утро науки, чей полдень еще не настал» (с. 285—289).

Он очень рано стал руководителем, лидером, проклады-

вающим новые дороги в науке. Этому помогали твердость и упорство. Однажды, вскоре после войны, вспоминает Н. В. Федорович, небольшая группа любителей туризма, в том числе академики Фрумкин, П. А. Ребиндер, А. Н. Теренин, совершала прогулку из пос. Луцино под Звенигородом к оз. Глубокое, где расположена биостанция Московского университета; шли заранее разработанным маршрутом. По дороге они узнали: идти на юг нельзя — много немецких мин, еще не разминированных; оставалось либо возвращаться по уже пройденному

пути, либо выбирать новый. Но Фрумкин (всю жизнь он увлекался туризмом, преимущественно горным, и одно время даже руководил секцией в Доме ученых) настоял на своем, и группа пошла на юг. Все обошлось, участники похода еще долго вспоминали этот эпизод и черты личности Александра Наумовича, которые, по шутливому замечанию Ребиндера, так и останутся научной загадкой. Добравшись до цели, у костра, Фрумкин с некоторой укоризной, торжественно-горделиво повторял: «Никогда нельзя менять намеченные маршруты!»

НОВЫЕ КНИГИ

Физика. Кибернетика

ЭКСПЕРИМЕНТ НА ДИСПЛЕЕ: ПЕРВЫЕ ШАГИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ / Ред.-сост. Р. З. Сагдеев. Предисл. А. А. Мигдала. М.: Наука, 1989. 175 с. Ц. 80 к.

Сборник из четырех статей разных авторов, специализирующихся в области теоретической физики, популярно рассказывает, как глубоко проникли компьютеры в те области науки, которые недавно считались доступными лишь исследователю-человеку. В первой речь о том, как машина помогает человеку производить громоздкие символьные выкладки. Описываются синтезированные для этого программные средства и языки, оперирующие объектами типа списка. Вторая статья посвящена моделированию по методу Монте-Карло происходящих в газе процессов и способом эффективной оценки энергетических характеристик. Этот метод особенно эффективен при вычислении интегралов большой кратности.

Компьютерная плазма — предмет третьей статьи сборника, где демонстрируется, как можно реализовать модели макроплазмы на современных ЭВМ.

В четвертой статье популярно изложены результаты, касающиеся автоматической триангуляции двумерных поверхно-

стей и восстановления поверхностей по изолированным точкам. В статье говорится о создании пакета программ ГЕОФОРМ и его использовании для выявления геологических пластов и месторождений, а также решения задач космической навигации с помощью построенной динамической модели поверхности Фобоса.

Книга интересна широкому кругу читателей.

Сейсмология

И. Н. Галкин. ВНЕЗЕМНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ. М.: Наука, сер. «Планета Земля и Вселенная», 1988. 195 с. Ц. 55 к.

Автор — специалист по физике Земли — рассказывает о сейсмологии, шагнувшей на другие планеты. За свою недолгую историю (с 1969 г.) внеземная сейсмология добилась заметных успехов, в особенности при изучении Луны. И не только потому, что Луна ближе к нам, чем другие планеты. Гораздо важнее, что она лишена магнитного поля и атмосферы, кроме того, сказывается влияние близкой Земли, это и помогло установить наличие у Луны землеподобной оболочечной структуры. Как выяснилось, близость Земли привела к тому, что приливное воздействие сказалось

на всем строении Луны, например оно проявилось в разнице в толщине лунной коры на стороне, обращенной к Земле, и на обратной стороне. Хотя лунотрясения, как приливные, так и тектонические, очень слабые, их удалось зафиксировать из-за отсутствия на Луне микросейсмического шума, характерного для Земли.

Таким образом, суммирует автор, Луна — идеальная лаборатория для изучения роли гравитационного воздействия на режим планетотрясения; анализ сейсмограмм лунотрясений помог глубже понять закономерности эндогенной сейсмичности и приложить их к сложной картине сейсмичности Земли.

В книгу включены также главы о только еще разворачивающихся сейсмических и геолого-геофизических исследованиях Марса и Венеры. И хотя во время марсианских экспедиций часто возникали неполадки в аппаратуре, а на поверхности Венеры, при температуре +477 °С, спускаемые аппараты смогли функционировать немногим более часа, тем не менее удалось получить информацию о внутреннем строении и активности этих планет, о специфике сейсмических наблюдений на них. Автор выражает надежду, что возобновление экспедиций к этим планетам позволит уточнить, а может быть опровергнуть, эти суждения.

Книга адресована геофизикам, планетологам, а также всем, кто интересуется исследованиями Земли и других планет.

Климатология

Н. А. Ясаманов. ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ / Предисл. В. Е. Хаина. М.: Знание, 1989. 192 с. Ц. 45 к.

Книга посвящена рассказу о возрастающей роли палеоклиматических исследований. Реконструкция древней климатической зональности и параметров климата помогает выявлять и оценивать месторождения полезных ископаемых — каменного угля, марганца, железа и алюминия, драгоценных металлов и камней, фосфоритов, залежей нефти и газа, каменной и калийной соли и т. д.

Однако главное значение палеоклиматологии — правильно предсказывать изменения климата. Для этого недостаточно статистической экстраполяции на основе знаний о климате последних 100 лет. Необходимо учитывать направленность и периодичность климатических изменений за более длительный период.

Специальный раздел посвящен истории антропогенного влияния на биосферу. Говорится и о приспособляемости человеческого организма к неблагоприятным климатическим факторам, об исследованиях особенностей распространения эпидемических заболеваний, приводятся интересные сведения о достоверности различных народных примет.

В конце книги описана глобальная климатическая картина середины XXI в., какой она видится автору.

История науки

А. С. Сонин. ДОРОГА ДЛИННОЮ В ВЕК. Из истории науки о жидких кристаллах / Отв. ред. Б. К. Вайнштейн. М.: Наука, сер. «История науки и техники», 1988. 224 с. Ц. 55 к.

История обнаружения и исследования особого состояния вещества, в котором оно обладает текучестью и некоторыми

свойствами твердых кристаллов (анизотропией), полна драматических событий. С тех пор, как жидкие кристаллы были открыты пражским химиком и специалистом по технической микроскопии Ф. Рейнитцером, прошло столетие. Поначалу многие физики и химики высказывали сомнения в их реальности или возражали против того, чтобы рассматривать жидкие кристаллы именно как кристаллы. Признание их существования сопровождалось многолетним спором о приоритете, заблуждениями, открытием уже открытого. В последние десятилетия, когда выяснились огромные практические возможности применения жидких кристаллов в технике, ими заинтересовались представители разных наук.

Эта книга — увлекательный рассказ о тех людях, которые утверждали науку о жидких кристаллах, и о тех, кто старался ее «закрыть». О том, как закладывались основы знаний в этой области и каких усилий потребовалось для выяснения вопросов, сейчас простых и понятных. Автор старался рассмотреть почти все работы (в том числе и содержащие ошибочные результаты), начиная с исследований самого Рейнитцера и его ученика О. Лемана, занимавшегося изучением роста и растворения кристаллов с помощью поляризационного микроскопа и выпустившего в 1904 г. первую книгу о жидких кристаллах, и кончая работами наших отечественных школ, возглавлявшихся Ю. В. Вульфом и погибшим в годы сталинских репрессий В. К. Фредериксом.

История науки

С. В. Житомирский. ИССЛЕДОВАТЕЛЬ МОНГОЛИИ И ТИБЕТА П. К. КОЗЛОВ. М.: Знание, сер. «Творцы науки и техники», 1989. 192 с. Ц. 50 к.

Книга рассказывает о жизни и деятельности Петра Кузьмича Козлова (1863—1935), о его трех первых путешествиях под руководством Н. М. Пржевальского, М. В. Певцова, В. И. Роборовского и трех последних, которыми он руководил сам. Выдающийся путешественник и ес-

тествоиспытатель, он прославил отечественную науку и утвердил ее приоритет в изучении Центральной Азии. Страсть исследователя, отвага, презрение к трудностям, громадная работоспособность сочетались в нем с талантом организатора, глубоким интересом не только к физической географии, но и к людям, населявшим земли, по которым проходили его маршруты.

Козлов был геодезистом, зоологом, ботаником, энтомологом, метеорологом, этнографом, вел археологические, а позднее и палеонтологические исследования. Впервые начал изучать озера в Центральной Азии.

Из путешествий Козлов привозил богатейшие коллекции. Только из одной экспедиции под руководством Роборовского — 250 шкур и скелетов редких животных, 1200 птиц, 450 экземпляров пресмыкающихся и рыб, 30 тыс. насекомых. Ботанические коллекции содержали 25 тыс. экземпляров растений и 300 образцов семян.

Хара-хотские находки Козлова из древнего тангутского города XI—XIII вв. Эдзина поставили множество вопросов перед рядом дисциплин. Искусствоведение получило уникальный материал о взаимодействии индийских, тибетских, непальских художественных традиций с древними местными и китайскими, история ремесел приобрела образцы сельскохозяйственных орудий и различные приспособления городских промыслов, история письменности получила образцы древних печатных монгольских текстов и оригинальную систему иероглифического письма, изобретенную тангутами. Внимание ученых привлекли также находки Монголо-Тибетской экспедиции из могильника хуннов начала новой эры в Ноин-Уле. Все эти коллекции заняли видное место в фондах крупнейших музеев страны.

Жизнь и открытия этого замечательного человека и ученого достойны того, чтобы о них узнало новое поколение читателей.

Неизвестное письмо В.А.Русанова

Жизнь неутраченного исследователя Арктики Владимира Александровича Русанова (1875—1913!) и обстоятельства гибели его шпицбергенской экспедиции привлекают внимание уже много лет.

В Центральном историческом архиве СССР¹ мною обнаружено письмо Русанова, очевидно неизвестное, поскольку в многочисленных книгах и статьях, посвященных его жизни и деятельности², нет даже упоминаний об этом документе, хотя это письмо характеризует его личность, гражданскую позицию и может пролить свет на планы его последней, ставшей трагической, экспедиции. Содержание письма подтверждает существующую версию о том, что Русанов предпринял в 1912 г. поход к устью Енисея вокруг Новой Земли.

Письмо адресовано статс-секретарю А. В. Кривошеину³, через которого в 1909—1911 г. шло финансирование новоземельских экспедиций Русанова.

¹ ЦГИА СССР. Ф. 398. Оп. 68. Д. 21786. Л. 287—288 об.

² Островский Б. Г. Владимир Русанов. Архангельск, 1938; Пасецкий В. М. Владимир Русанов. М., 1955; Черняховский Ф. И. Владимир Александрович Русанов. Архангельск, 1958; Пасецкий В. М. «Геркулес» исчезает во льдах. М., 1961; Он же. Отогревшие землю. М., 1971; Корякин В. С. Владимир Александрович Русанов. М., 1987. См. также: Чубаков К. Н., Шаповалов Д. И., Шумилов А. В. Где искать следы экспедиции Русанова? // Природа. 1974. № 8. С. 49 и № 9. С. 68.

³ Кривошеин Александр Васильевич (1857—1921) — русский государственный деятель, ближайший соратник П. А. Столыпина по осуществлению аграрной реформы, заселению и освоению Сибири. В 1905—1906 гг. — товарищ Главноуправляющего, в 1908—1915 гг. — Главноуправляющий землеустройством и земледелием в царской России.

Новая Земля.

Пароход «Королева Ольга». 8-го июля 1911 года¹.

Ваше Высокопревосходительство, Милостивый государь, Александр Васильевич, очень извиняюсь за то, что этим письмом я решился обеспокоить Ваше Высокопревосходительство. Быть может, единственным оправданием мне могло бы послужить только одно соображение: важность рассматриваемого вопроса.

Если принять, что устройство правильного судоходства

через Ледовитый океан и Карское море к устьям сибирских рек Оби и Енисея имеет важное экономическое значение для России, то изучение состояния и перемещения льдов в Карском море особенно необходимо, так как льды составляют главное, если не единственное препятствие на пути к устьям сибирских рек.

Адмирал Бирилев², с ко-

на моторной шлюпке пушусь я в плавание по Ледовитому океану и Карскому морю. Уже теперь нас окружают льды, которые могут не пустить меня далеко или заставить, может быть, даже провести эту зиму на Новой Земле. К такой зимовке я вполне подготовился, так что за мою участь несколько вы с мамочкой не бойтесь...» (Цит. по: Русанов В. А. Статьи, лекции, письма. М., 1945. С. 388.) 14 июля 1911 г. «Полярная» оставила Белую губу и направилась к югу, а 8 сентября отдала якорь у южного берега Маточкина Шара, выполнив намеченную программу. Обойдя Южный остров, Русанов закончил обследование всей Новой Земли.

² Бирилев Алексей Алексеевич (1844—1915) — русский адмирал. В 1905—1907 гг. был морским мини-

стрем я имел честь и удовольствие только что проехав до Новой Земли, придерживаясь мнения сходного с моим о преимуществах пути, пролегающего у северной оконечности Новой Земли, по сравнению с практическими южными путями.

Я решаю обратиться благосклонное внимание Вашего Высокопревосходительства на возможность практического и недорогого способа изучения полярных льдов.

Осмелюсь думать, что мой пятилетний опыт плавания в полярных водах дал мне некоторую чисто практическую опытность в этом вопросе.

В 1907 г. я был на самоходной лодке в продолжение целого лета затерт в Маточкином Шаре льдами; пробравшись в конце августа в Карское море, я нашел его свободным на всем видимом протяжении, исключая узкой полосы пригнутого ветрами льда. В 1908 г. я впервые перешел через Северный остров,

затем находился в отставке, однако провел ряд частных мероприятий по улучшению состояния русского флота.

¹ 8 июля 1911 г. (по ст. стилю) в Белую губу на буксире парохода «Королева Ольга» вошла моторно-парусная лодка «Полярная», на которой Русанов предполагал исследовать южные и восточные берега Южного острова Новой Земли, а также выяснить промысловое значение южных Новоземельных вод, перспективы развития оленеводства на юге Новой Земли и другие проблемы хозяйственного освоения острова. В тот же день Русанов написал также письмо матери и отцу: «Пишу Вам это последнее письмо, какое могу отправить, перед тем как покинуть пароход.

60 тонн. На таком судне с небольшим числом команды было бы возможно подняться до северной оконечности Новой Земли и оттуда изрезать в разных направлениях Карское море.

Таким образом можно будет получить ясное представление о том самом дешевом торговом пути, который ведет к устьям сибирских рек и который, я думаю, даст возможность наиболее широкого вывоза сибирского сырья за границу, что неизбежно вызовет мощный экономический подъем России. Только производя систематические наблюдения надо льдами и ежегодно накапливая новый материал по метеорологии и гидрологии полярных вод, можно будет заменить гадательные предположения точными данными, столь необходимыми для правильной и надежной постановки северного морского пути в Сибирь.

Сначала норвежцы, мечтающие о конверсии, а в последнее время французы очень интересуются северным морским путем и готовы затратить средства на его открытие и первоначальное оборудование.

Было бы грустно и неудобно для великой России, если бы это столь важное русское дело мы отдали в руки иностранцев. Тем более, что в случае принятия Вашим Высокопревосходительством моего представления — понадобилось бы затратить на реализацию его 15—20 тысяч рублей, что не могло бы составить значительного расхода для такого важного дела³.

Примите, Ваше Высокопревосходительство, уверение в совершенном уважении и отличной преданности В. Русанов.

Адрес: Архангельск, канцелярия архангельского губернатора. Владимиру Александровичу Русанову.

© Публикация В. А. Волкова.

³ Предложение Русанова заинтересовало правительство, о чем свидетельствует ответная телеграмма руководителя Главного управления землеустройством и земледелием от 22 августа 1911 г. на имя архангельского губернатора. «Благоволите в дополнение к письму Русанова предложить ему представить в главное управление подробные соображения о задачах, типе и стоимости судна-бота, необходимого



Владимир Александрович Русанов.

Небольшой комментарий

До сих пор не получило объяснения трагическое исчезновение экспедиции Русанова, которая, выполнив свою работу на Шпицбергене, осенью 1912 г. изменила обратный маршрут и направилась в Карское море. Существует много разнообразных предположений и домыслов о целях этого плаванья, причинах и обстоятельствах гибели всех

его участников. Любые новые документы, позволяющие приподнять завесу над последней тайной выдающегося русского полярника и одного из наиболее результативных исследователей Арктики дореволюционной поры, требуют самого внимательного изучения и многократного прочтения.

Публикуемое письмо интересно прежде всего тем, что речь в нем идет не столько об изучении Новой Земли, сколько о более отдаленных планах — плаваньях к устьям Оби и Енисея.

Известно, что Русанов проводил свои экспедиции по двум планам — минимальному (официальному) и максимальному (личному). Так же обстояло дело и в 1912 г., когда на заключительном этапе шпицбергенской экспедиции началось осу-

для исследования Карского моря (ЦГИА СССР. Ф. 398. Оп. 68. Д. 21786. Л. 286). По возвращении Русанова из Арктики в сентябре 1911 г. ему были выделены значительные средства на организацию шпицбергенской экспедиции.

ществование варианта по максимуму — плавания поперек Карского моря к Енисею на судне с теми самыми характеристиками, о которых идет речь в письме к Кривошеину. Теперь мы отчетливо видим, что плавание в Карском море было не прихотью, не авантюрой, а осуществлением заранее обдуманного намерения.

За год до написания настоящего письма Русанов опубликовал специальную статью «Возможно ли срочное судоходство между Архангельском и Сибирью через Ледовитый океан», где выдвинул идею «ледовито-океанского пути» — плавания к устьям сибирских рек в обход Новой Земли. В том же 1910 г. он на практике доказал возможность плавания вокруг Северного острова Новой Земли и заявил, что в 1911 г. можно будет сделать первый пробный рейс из Архангельска в Енисей по новому «ледовито-океанскому пути».

Однако в 1911 г. этот рейс не состоялся. Русанову было предложено изучать условия колонизации Южного острова Новой Земли. Тем не менее, как видно из публикуемого документа, он не оставляет высказанной идеи и намечает не только цель будущих работ («изучение состояния и перемещения льдов в Карском море»), но и подхо-

дящее техническое средство — небольшой зверобойный бот норвежской постройки. Этот проект он реализовал на следующий год, отправившись после Шпицбергена в плавание по Карскому морю на моторно-парусном судне «Геркулес» водоизмещением 63 т и мощностью мотора 24 л. с. Не следует удивляться симпатиям, которые питал Русанов к малым судам, — перед глазами у него были примеры А. Э. Норденшельда, Р. Амундсена и других полярных исследователей, успешно эксплуатировавших именно суда «карлики».

Четко формулирует Русанов и ожидаемые результаты похода: «можно будет получить ясное представление о том самом дешевом торговом пути, который ведет к устьям сибирских рек».

Публикуемое письмо также подтверждает, что время от «заявки» на плавание вокруг Новой Земли к устью Енисея, сделанной в 1910 г., и до путешествия на «Геркулесе» в 1912 г. было использовано Русановым как на дальнейшее развитие замысла, так и на поиски путей (в том числе финансовых) его реализации.

Надо отметить, что исследователь находился в гораздо более благоприятном финансовом положении по сравнению с

другими известными полярниками — Г. Я. Седовым и Г. Л. Брусиловым. Его последняя экспедиция на Шпицберген была уже не ведомственной, а по сути правительственной. Разумеется, за год, прошедший с момента написания письма до начала экспедиции, какие-то детали могли измениться, однако неизменной оставалась суть замысла — поход к устью Енисея вокруг Новой Земли.

Почему же остатки экспедиции найдены в 1934 г. и позднее в 150—200 км к востоку от устья Енисея (о. Попова — Чухчина, о. Геркулес у западной части Таймыра)? Это легко объясняется особенностями ледовых условий в Карском море осенью 1912 г., которые и обусловили выход «Геркулеса» к побережью восточнее намеченного пункта.

Главное, что пересечение Карского моря, причем близко к намеченному маршруту, состоялось. И лишь на заключительной стадии экспедиции какие-то, все еще неизвестные нам обстоятельства привели к ее гибели. Публикуемый документ показывает, что исследователи — на верном пути к разгадке этой тайны.

© В. С. Корякин,
кандидат географических наук
Москва

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. И. ПАНКОВА

Художник

П. П. ЕФРЕМОВ

Художественные редакторы:

Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией

О. В. ВОЛОШИНА

Корректор

В. В. БЕЛЯЕВ

В художественном оформлении номера принимали участие

Е. К. ТЕНЧУРИНА,
Р. Э. МАТКАЗИН,
Е. В. ЩУКИНА

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука»

Сдано в набор 27.11.89

Подписано в печать 25.01.90.

Т—00331

Формат 70×100^{1/16}

Бумага офсетная, № 1

Офсетная печать

Усл. печ. л. 10,32

Усл. кр.-отт. 1445,6 тыс.

Уч.-изд. л. 15,0

Тираж 54 000 экз.

Зак. 2834

Цена 80 к.

Ордена Трудового
Красного Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат Государственного
комитета СССР
по печати
142300, г. Чехов
Московской области

Адрес редакции: 117049, Москва,
ГСП-1, Мароковский пер., 26
Тел. 238-24-56, 238-26-33

ПРИРОДА

3⁹⁰



Образование гигантских провинций покровных базальтов на различных континентах, скорее всего, связано со струями горячего мантийного материала, который поднимается из глубин.

Казьмин В. Г. ПОКРОВНЫЕ БАЗАЛЬТЫ И РАСКОЛ КОНТИНЕНТОВ

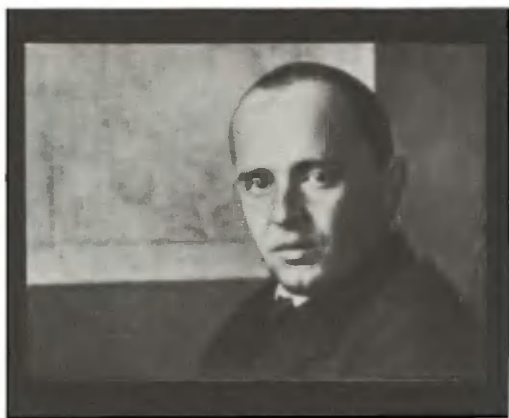


Интенсивное использование рек и их водосборов неизбежно приводит к увеличению частоты наводнений. Выбраться из этого замкнутого круга, возможно, позволят не столько инженерные методы борьбы, сколько регулирование хозяйственного развития в поймах, подверженных паводкам.

Авакян А. Б., Полюшкин А. А. НАВОДНЕНИЯ

Обнаруженные в архивах документы свидетельствуют, что в 1949 г. готовилось совещание по физике, аналогичное печально знаменитой сессии ВАСХНИЛ 1948 г. Физика, как и биология, могла оказаться жертвой невежества, карьеризма и нетерпимости в борьбе за власть, где цель оправдывала любые средства.

Сонин А. С. СОВЕЩАНИЕ, КОТОРОЕ НЕ СОСТОЯЛОСЬ



Наука не знает государственных границ — эту истину как нельзя лучше подтверждает судьба крупнейшего биолога современности Ф. Г. Добржанского.

НАШ ДОБРЖАНСКИЙ

**Галл Я. М., Конашев М. Б. КЛАССИК
Сорокина М. Ю. ДАЛЬНИЙ ПУТЬ К БОЛЬШОМУ
БУДУЩЕМУ
ИЗ ПЕРЕПИСКИ Ф. Г. ДОБРЖАНСКОГО
С В. И. ВЕРНАДСКИМ**



Экологические бедствия в Баренцевом море — пример пагубного преобладания экономических интересов над разумным использованием природных богатств.

Матишов Г. Г. МОРЕ НА ГРАНИ ОПУСТОШЕНИЯ

