

ISSN 0032-874X

ПРИРОДА

9-90



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 философских наук
Н. В. МАРКОВ

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора
академик
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

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

Академик
В. Е. ХАИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
ПОПУЛЯРНЫЙ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Издается с января 1912 года



НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Астероид проходит через систему Земля-Луна. Репродукция картины астероида У. К. Хартмана. См. в номере: Хартман У. К. Единство малых тел Солнечной системы.

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Кулон с сапфирами и бриллиантами современной работы, созданный в мастерских Гохрана СССР (автор Н. В. Ростовцева, ювелиры В. В. Николаев и Г. Ф. Алексахин). См. в номере: Эфрос Б. Д., Третьякова Л. И. Сапфир и лазурит.



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



© Издательство «Наука»
журнал «Природа» 1990

В НОМЕРЕ

3 Барсуков В. Л., Карпов В. С., Щеголов О. П.
НАУКА — ПРОЦЕССУ РАЗРЯДКИ

Советско-американский эксперимент на Черном море продемонстрировал принципиальную возможность создания технических средств контроля за наличием ядерного оружия морского базирования.

13 Бурда А. И.
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Для рационального природопользования и действенной охраны природы необходима новая крупномасштабная геологическая основа, насыщенная данными об антропогенном загрязнении.

20 Поляк Б. Г.
ГЕЛИЙ И ТЕПЛО ЗЕМЛИ — ОБЩАЯ СУДЬБА

Геохимия изотопов гелия позволила расшифровать структуру планетарных теплопотерь и количественно охарактеризовать, как и предполагал В. И. Вернадский, «энергетический обмен через кору между Землей и космосом».

30 Фишер Дж. В., Грю П. К., Ярдли Б.
НЕ ОТСТАВАТЬ ОТ РУССКИХ!

По мнению известных зарубежных петрологов, США и Великобритании могут многое позавидовать у системы научных исследований в СССР и не меньше — у системы распределения исследовательских фондов.

33 НУЖНЫ ЛИ ПРИРОДЕ БОЛОТА!

Когда под натиском мелниорации исчезали болота, мы пребывали в эйфории от пользы, которую принесут новые земли. Но осуществление обернулось многими бедами — от экологических до потери ягодников.

Елина Г. А. ЧТОБЫ БОЛОТА НЕ СТАЛИ ПУСТОШЬЮ (34)

Андрюченко Т. Л. БЕРЕЧЬ ОТ СЕБЯ И ДЛЯ СЕБЯ (43)

48 КАМЕНЬ МЕСЯЦА
Смертенко В. М.
ХРИЗОЛИТ

52 Эфрос Б. Д., Третьякова Л. И.
САПФИР И ЛАЗУРИТ

ПО СЛЕДАМ НАШИХ ВЫСТУПЛЕНИЙ

59 СОЗДАНА АССОЦИАЦИЯ «СОДЕЙСТВИЕ ЗАЩИТЕ НАСЕЛЕНИЯ»

60 Хартман У. К.
ЕДИНСТВО МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

66 Оленковский Н. П.
СИВАШ — ГЛАЗАМИ АРХЕОЛОГА

68 «Я ПРОЖИЛ СЧАСТЛИВУЮ ЖИЗНЬ»
К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
Н. В. ТИМОФЕЕВА-РЕСОВСКОГО

В судьбе крупнейшего отечественного биолога Н. В. Тимофеева-Ресовского как в зеркале отражается отношение общества к науке, людям, жизнь которых отдана служению ей. Вот почему вопрос о его реабилитации, так до сих пор и не решенный, важен и принципиален.

АВТОБИОГРАФИЧЕСКАЯ ЗАПИСКА (69)

Иванов В. И. НЕТ ПРОРОКА В СВОЕМ ОТЕЧЕСТВЕ (71)

Тимофеев-Ресовский Н. В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ОТЯГОЩЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ (78)

Борн Х. И., Тимофеев-Ресовский Н. В., Циммер К. Г. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СЧЕТНЫХ ТРУБОК (81)

Корогодин В. И. УЧИТЕЛЬ (85)
ИЗ ПИСЕМ Н. В. ТИМОФЕЕВА-РЕСОВСКОГО В. Н. СУКАЧЕВУ (95)

105 ИЗ РЕДАКЦИОННОЙ ПОЧТЫ

107 НОВОСТИ НАУКИ

121 КОРОТКО

ИНФОРМАЦИЯ (32, 58, 65, 67)

122 РЕЦЕНЗИИ

124 НОВЫЕ КНИГИ

ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

126 Брюшкова Л. П.
УТРАЧЕННЫЕ КОЛЛЕКЦИИ

CONTENTS

3 Barsukov V. L., Karpov V. S., Scheglov O. P.
SCIENCE CONTRIBUTES TO DETENTE

The Soviet-American experiment held on the Black Sea has shown that control over sea-based nuclear weapons is technically possible.

13 Burde A. I.
NEW-GENERATION GEOLOGICAL MAPS

To introduce rational nature utilization and a more effective nature protection we need a new-generation large-scale geological map that would produce information on anthropogenic pollution.

20 Polyak B. G.
HELIUM AND THE EARTH'S HEAT — COMMON FATE

The geochemical studies of the Helium isotopes allowed the scientists to decode the structure of the Earth's heat losses and to assess in quantitative terms, just as V. I. Vernadsky predicted in his time, "the energy exchange between the Earth and space through the crust".

30 Fisher G. W., Grew P. C., Yardley B.
KEEPING UP WITH THE RUSSIANS

Prominent petrologists of the United States and Great Britain believe that their countries can learn a lot from the Soviet system of scientific research and the distribution of funds to finance them.

33 DOES NATURE NEED MARSHES AND BOGS?

As the marshes and bogs were disappearing under the onslaught of land we were happily calculating the expected gains. Yet our efforts brought nothing but losses and ecological disasters.

Elina G. A. TO PREVENT MARSHES FROM TURNING INTO WASTELAND (34)
Andrienko T. L. TO PROTECT FROM OURSELVES AND TO SAVE FOR OURSELVES (43)

THE GEM OF THE MONTH

48 Smertenko V. M.
CRYSOLITE

52 Efros B. D., Tretyakova L. I.
SAPPHIRE AND LAPIS LAZURI

RESPONCES

59 THE ASSOCIATION FOR PROTECTION OF PEOPLE HAS BEEN ESTABLISHED

60 Khartman U. K.
THE UNIFIED NATURE OF THE SOLAR SYSTEM'S SMALLER BODIES

66 Olenkovsky N. P.
SIVASH AS SEEN BY AN ARCHEOLOGIST

68 "MINE WAS A HAPPY LIFE"
90th ANNIVERSARY OF N. W. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY

The life and changing fortunes of N. W. Timoféeff-Ressovsky is one of the graphic illustrations how society treated science and the people who dedicated their lives to it. This makes his rehabilitation issue, that is still lingering, very important.

CURRICULUM VITAE (69)

Ivanov V. I. NO PROPHET IS ACCEPTED IN HIS OWN COUNTRY (71)

Timoféeff-Ressovsky N. W. EXPERIMENTAL STUDY OF THE HEREDITARY BURDENED POPULATIONS (78)

Born H. J., Timoféeff-Ressovsky N. W., Zimmer K. G. BIOLOGICAL APPLICATIONS OF COUNTER TUBES (81)

Korogodin V. I. THE TEACHER (85)
FROM THE LETTERS OF N. W. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY TO V. N. SUKACHEV (95)

105 LETTERS TO THE EDITOR

107 SCIENCE NEWS

121 NEWS IN BRIEF

INFORMATION (32, 58, 65, 67)

122 BOOK REVIEWS

124 NEW BOOKS

MEETING THE FORGOTTEN PAST

126 Bryushkova L. P.
LOST COLLECTIONS

В. Л. Барсуков,
В. С. Карпов,
О. П. Щеглов

Наука — процессу разрядки



В РАМКАХ межправительственных переговоров между СССР и США по 50 %-ному ограничению стратегических вооружений в настоящее время вырабатывается взаимоприемлемое решение по ограничению развертывания крылатых ракет морского базирования дальнего радиуса действия с ядерным оружием (ЯО). Очевидно, этот процесс подразумевает поиск эффективных методов, позволяющих определять наличие ракет с ЯО на морских носителях. В ходе переговоров Советское правительство предложило провести совместные эксперименты по проверке возможностей такого контроля на борту надводного корабля с использованием уже имеющихся технических средств обнаружения ЯО по радиационным полям. Однако это предложение было отклонено американской стороной со ссылкой на то, что в данном случае методы

радиационного контроля недостаточно эффективны по двум причинам: есть возможность экранирования и (или) укрытия ЯО под палубой корабля; ЯО может храниться на берегу вплоть до возникновения угрожающей ситуации. Помимо этого отмечалось, что руководство ВМС США не считает желательным присутствие советских инспекторов на борту американских военных кораблей, а министерство энергетики США опасается, что измерения, проведенные советскими инспекторами, могут способствовать раскрытию особенностей конструкции американских боеголовок.

Вместе с тем Комитет советских ученых в защиту мира, против ядерной угрозы выступил с предложением совместного эксперимента на неправительственном уровне. Идея такого эксперимента была высказана Е. П. Велиховым в начале 1988 г. и поддержана Федерацией американских ученых против ядерной угрозы, Академией наук СССР и Национальный комитет по защите природ-



Валерий Леонидович Барсуков, академик, директор Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР, вице-президент Международного союза геологических наук. Специалист в области космохимии, геохимии океана, геологии и геохимии рудных месторождений. Лауреат Государственной премии СССР. Неоднократно публиковался в «Природе».



Вадим Семенович Карпов, кандидат физико-математических наук, начальник отдела ядерной гидрофизики того же института. Занимается геохимией океана, ядерно-физическими методами исследования вещества, радиозокологией.



Олег Павлович Щеглов, старший научный сотрудник того же института. Область научных интересов — ядерно-физические методы анализа состава и свойств вещества, космохимия.

ных ресурсов США к началу 1989 г. разработали и согласовали программу теоретических и натурных исследований, которые позволили бы оценить возможность создания технических средств обнаружения и контроля ЯО морского базирования.

Первый эксперимент в рамках этой программы был осуществлен в июле 1989 г. в Черном море на борту ракетного крейсера «Слава», на котором через полгода у берегов Мальты состоялись советско-американские переговоры на высшем уровне.

Окончательные его итоги были подведены в начале декабря 1989 г. на совместном семинаре в Вашингтоне. Они сформулированы в совместном заявлении ученых США и СССР, в котором отмечается: «...хотя эксперимент на Черном море является лишь первым шагом в изучении возможностей и ограничений на применения разнообразных средств контроля, он подтверждает убеждение ученых США и СССР в том, что создание приемлемых средств и методов контроля крылатых ракет морского базирования в ядерном снаряжении, не противоречащих международному праву и законам наших стран, — вполне возможно».

Тогда же было принято совместное обращение к правительствам США и СССР с призывом оказать максимальную поддержку и содействие усилиям ученых в исследовании возможностей создания и применения эффективных методов и средств контроля ЯО морского базирования. Так наука,

некогда участвовавшая по воле политиков в гонке вооружений, теперь может реально способствовать процессу разрядки в мире.

Что же представляет собой ЯО и какими признаками оно может себя обнаружить? Ответ на эти вопросы даст возможность понять суть методов и оценить перспективы создания технических средств контроля ЯО морского базирования.

ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ КАК ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЙ

Известно, что в качестве основных компонентов в ЯО могут использоваться изотопы ^{235}U и ^{239}Pu . Содержание ^{235}U в природном уране составляет 0,7 %, а остальные 99,3 % приходятся на ^{238}U , в котором реакция деления возможна только под действием быстрых нейтронов. Для изготовления ЯО природный уран необходимо подвергнуть обогащению и довести содержание в нем ^{235}U не менее, чем до 20 %. Уран, используемый в США для военных целей, содержит более 90 % ^{235}U .

Второй делящийся изотоп, используемый в ЯО, — это ^{239}Pu , которого в природе просто не существует. Для его получения природный ^{238}U бомбардируют нейтронами в ядерном реакторе.

Технологии изготовления ЯО до сих пор засекречены, и трудно предположить, что в ближайшем будущем мы будем иметь о них сколько-нибудь достоверную информацию. Из публикаций в открытой печати мож-

но получить лишь общие представления о моделях ядерных устройств¹. С точки зрения демаскирующих факторов мы разделим их на два класса.

I. Модель А (атомная бомба) на основе: ^{235}U , полученного из природного урана (модель АU); ^{235}U , извлеченного из переработанного ядерного топлива (модель АU*); ^{239}Pu (модель АР); смеси ^{239}Pu и ^{235}U (модели АРУ, АРУ*).

II. Модель Н (водородная бомба), использующая в качестве «запала» модели А различного типа, а для получения больших (в 100—1000 кт) мощностей взрыва — до 100 кг Li_2DT или Li_2D_2 . Это заряды большого калибра и массы.

Таким образом, в любом современном ЯО используется какая-то комбинация таких делящихся материалов, как ^{235}U , ^{239}Pu , а в некоторых случаях и природный ^{238}U , который повышает взрывную силу ЯО. При этом нет необходимости в совершенно чистых изотопах. В «урановой» бомбе, например, допускается до 7 % ^{238}U , а в «плутониевой» — от 3 до 6 % ^{240}Pu .

В силу своих физических свойств эти изотопы должны обнаруживать себя по ядерным излучениям различного вида, из которых два — нейтронное и γ -излучение — можно обнаруживать на расстоянии. Их проникающая способность такова, что конструкционные материалы боеголовки и пусковой установки ракеты² не являются для них существенным препятствием. γ -Кванты испускаются при распаде всех делящихся материалов, а нейтроны в больших количествах появляются только при распаде ^{240}Pu . Энергия γ -квантов (E_γ) определяется структурой излучающего ядра, и следовательно, по спектру γ -излучения, как по «отпечаткам пальцев», можно однозначно идентифицировать тип ядерного вещества, используемого в боеголовке крылатой ракеты. Это позволяет без прямого доступа в пусковые установки крылатых ракет обнаруживать в них наличие ЯО и определять его тип.

Так, например, для идентификации ^{235}U достаточно обнаружить γ -излучение с $E_\gamma=185$ кэВ (наиболее интенсивная линия на один распад). Характерные энергии γ -излучения ^{239}Pu составляют 375 и 414 кэВ. Кроме того, в ЯО (модели АР или АРУ) может быть обнаружено γ -излучение с $E_\gamma=2615$ и 583 кэВ, которые характерны для радиоактивного изотопа ^{208}Tl . Он накапливается с течением времени в плутонии, главным об-

разом за счет распада ^{236}Pu , ^{240}Pu , присутствующих в плутониевом заряде в малых количествах. (В американских образцах ЯО содержание ^{240}Pu составляет 3—6 %.)

При спонтанном делении урана и плутония образуются нейтроны. Их средняя энергия ~ 1 МэВ, а общее число зависит от модели ЯО и колеблется в больших пределах — от 10 до 100 н/с в модели АU до 10^4 — 10^5 н/с в моделях АР, АРУ, в которых есть примесь ^{240}Pu , особенно подверженного спонтанному делению.

Выходящий из ЯО нейтронный поток взаимодействует с элементами конструкционных материалов ракеты-носителя ЯО и окружающей средой, замедляясь до тепловых энергий. А такие нейтроны уже эффективно захватываются ядрами элементов в боеголовке или окружающей среды, образуя при этом вторичное γ -поле с E_γ до 6—7 МэВ.

Обнаружение нейтронов на борту корабля может свидетельствовать о наличии делящихся материалов, относящихся непосредственно как к ЯО, так и к ядерному топливу, используемому в атомных силовых установках надводных кораблей и на подводных лодках.

Спонтанное деление урана и плутония также сопровождается испусканием γ -квантов. С учетом всех ядерных процессов, происходящих в ядерном боезаряде, интегральный поток γ -квантов за пределами оболочки ЯО для моделей типа АU, АРУ оценивается в 10^6 — 10^7 γ /с. Однако эти оценки могут отличаться, особенно в меньшую сторону, от реальных значений потока γ -квантов, поскольку мы не знаем ни степени очистки исходных ядерных материалов, ни точной конструкции ЯО и его размещения в крылатой ракете, обеспечивающих снижение потоков нейтронного и γ -излучений.

Потоки нейтронного и γ -излучений от ЯО не превышают уровня естественного фона среды, поэтому для их обнаружения необходимы сверхчувствительные ядерно-физические методы.

ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ЯО

Многообразие процессов возникновения γ -излучения от ЯО приводит к тому, что его энергетический спектр практически непрерывен в широком интервале энергий от электронвольт до нескольких мегаэлектронвольт. Кроме того, надо учесть, что на пути к регистрирующему устройству спектр первичного γ -излучения от ЯО при прохождении

¹ Gsponer A. La bombe à neutrons / La Recherche. 1984. № 158. Vol. 15. P. 1128—1138.

через элементы конструкции ракеты-носителя различной плотности претерпевает изменения (деградирует) за счет трех основных факторов: фотоэффекта (выбивания электронов с внутренних оболочек атомов), сопровождающегося поглощением γ -квантов; комптон-эффекта (рассеяния γ -квантов на электронах), сопровождающегося уменьшением энергии первичных γ -квантов; рождения электрон-позитронных пар при $E_\gamma > 1,02$ МэВ.

Вклад каждого из перечисленных процессов в изменение спектра первичных γ -квантов зависит как от их энергии, так и от атомного номера вещества, его плотности и толщины, а также от расположения источников γ -излучения в носителе ЯО. После нескольких актов рассеяния первичные γ -кванты как бы «забывают» свою историю и на расстоянии, равном длине свободного пробега γ -кванта (например, для $E_\gamma = 600$ кэВ в атмосфере — это около 100 м), энергетический спектр от источника будет определяться в основном рассеянными γ -квантами со значительно меньшими энергиями, чем у первичных γ -квантов. С увеличением расстояния от источника относительный вклад рассеянных γ -квантов в суммарный спектр излучений возрастает. В связи с этим энергетический спектр γ -излучения от ЯО на различных дистанциях будет иметь сложную зависимость не только от типа боезаряда и конструктивных особенностей его размещения на носителе, но и от внешних факторов: влияния атмосферы, границ раздела сред, геометрии взаимного расположения источника и приемника излучений.

Для создания эффективных технических средств обнаружения, идентификации и контроля наличия ЯО на корабельных носителях наиболее перспективно использование дистанционно-контактного метода многоканальных спектрометрических измерений с применением детекторов различного типа. При этом дистанционный метод может обеспечить обнаружение и локализацию ЯО по γ - или нейтронному излучению, а контактный метод — идентифицировать обнаруженный источник на принадлежность его к ЯО с определением типа боезаряда по энергии γ -квантов.

Регистрация γ -излучения от ЯО осуществляется с помощью сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов, а для нейтронов используются газовые ионизационные детекторы, наполненные ^3He , или специальные неорганические сцинтилляторы.

Сцинтилляционные детекторы на основе кристаллов йодистого натрия, цезия, германата висмута или вольфрамата кадмия об-

ладают близкой к 100 % эффективностью регистрации γ -квантов с энергией до 3 МэВ. Они достаточно надежны в эксплуатации и могут иметь размеры до 10^4 см². Однако их энергетическое разрешение невелико (десятьки кэВ при $E_\gamma \sim 1$ МэВ). С другой стороны, полупроводниковые детекторы (на основе германия) имеют высокое энергетическое разрешение, но из-за малых объемов менее эффективны по сравнению со сцинтилляционными детекторами. Кроме того, они требуют охлаждения и более сложны в эксплуатации. Поэтому в зависимости от решаемых задач имеет смысл использовать оба типа детекторов в определенной комбинации.

Энергетическое разрешение — один из наиболее важных параметров γ -спектрометров. Следующими по значению в иерархии характеристик идут чувствительность и фон γ -спектрометра.

Чувствительность — коэффициент преобразования плотности потока γ -квантов (или частиц), попадающих в детектор, в частоту выходных сигналов. Она зависит от характеристик детектора, вида, спектрального состава и направленности детектируемого потока излучения, а также от параметров электронных узлов, используемых в γ -спектрометре; определяется экспериментальным путем.

Фон γ -спектрометра — уровень «шумов», который складывается из собственного фона детектора (постоянная составляющая) и фона, регистрируемого детектором из окружающей его среды при отсутствии полезного сигнала (переменная составляющая). Собственный фон γ -спектрометра определяется прямым и рассеянным γ -излучением, α - и β -излучениями от естественных и искусственных радиоактивных примесей, содержащихся в материале активного элемента детектора и прилегающих к нему конструктивных элементов и электронных узлов. Гаремная составляющая фона обусловлена вкладом γ -квантов от естественных и искусственных радиоактивных элементов, рассеянных в окружающей среде, а также компонентами космического излучения. Вклад γ -излучения из окружающей среды в суммарный уровень фона, регистрируемого γ -спектрометром, может изменяться в широких пределах и оценивается экспериментально в конкретных условиях работы прибора. Переменная составляющая γ -фона среды — основная помеха, снижающая эффективность использования γ -спектрометрических методов для дистанционного обнаружения и локализации ЯО по их γ -излучению.

В этой связи для построения эффек-

тивных и помехоустойчивых систем дистанционного обнаружения слабых потоков γ -излучений от ЯО используются различные методы оптимального выбора детекторных устройств, систем сбора и обработки информации в реальном масштабе времени. Рассмотрим один из возможных путей построения системы обнаружения ЯО по их γ -полю.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ЯО МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ

Оптимальная стратегия непрерывного поиска аномалии γ -поля от ЯО в воздушной среде (или приводном слое) с использованием метода прямых γ -спектрометрических измерений, синтезированного на основе сцинтилляционного метода регистрации γ -квантов, может быть рассчитана теоретически на основе критерия Неймана—Пирсона². На практике процесс обнаружения аномалии γ -поля от ЯО при выбранной (или заданной) вероятности достоверного обнаружения заключается в вынесении решения о наличии аномалии γ -поля, связанной с ЯО, каждый раз, когда текущее значение интенсивности γ -поля (количество зарегистрированных импульсов N_{ϕ}) за определенный интервал времени наблюдения τ превысит установленный порог N_0 , исходя из допустимой вероятности ложного обнаружения γ -поля ЯО. Предположим, например, что параметры наблюдаемого γ -поля и фона на выходе γ -датчика соответствуют пуассоновскому распределению с параметрами $N_{\phi} = \sigma_{\phi}^2$ (где N_{ϕ} — среднее значение скорости счета фона, а σ_{ϕ}^2 — дисперсия фона). Тогда вероятность ошибочного решения об обнаружении аномалии γ -поля, связанной с ЯО, оценивается следующим образом:

$$\alpha = \exp(-2N_0^2/\sigma_{\phi}^2),$$

где $N_0 = N - N_{\phi}$ — есть величина зарегистрированного эффекта за время τ . Отношение N_0^2/σ_{ϕ}^2 представляет собой «фактор качества» γ -приемника.

С другой стороны, величина зарегистрированного эффекта на выходе γ -датчика, может быть определена как

$$N_0 = A \cdot S(E) \cdot \tau,$$

где A — интенсивность потока γ -квантов от ЯО; $S(E)$ — чувствительность γ -датчика в оп-

ределенном диапазоне энергий: τ — интервал наблюдения.

Теперь можно оценить пороговую чувствительность γ -датчика и комплекса в целом, характеризующую способность спектрометра обнаруживать минимальную величину потока γ -квантов от объекта на заданной дистанции за время наблюдения τ на фоне N_{ϕ} , с дисперсией σ_{ϕ}^2 , при заданной величине вероятности α ошибочного решения об обнаружении γ -поля от ЯО:

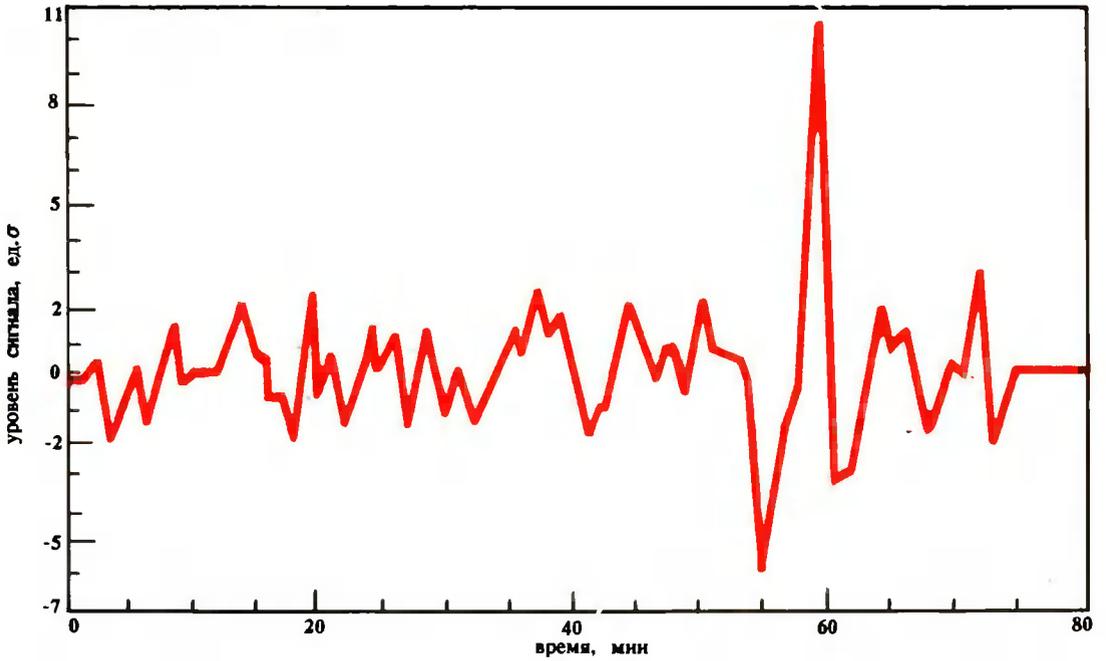
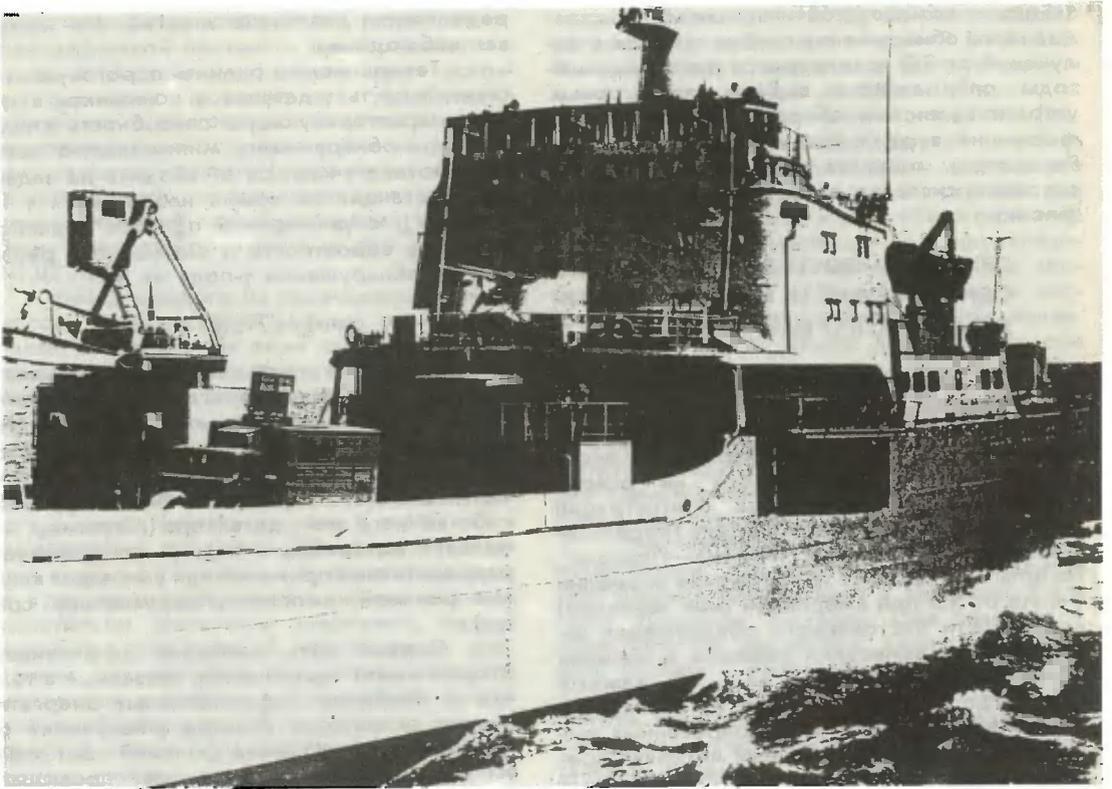
$$A_{\min} = \sigma_{\phi}^2 / \sqrt{2} \cdot S(E) \cdot (-\ln \alpha)^{1/2}.$$

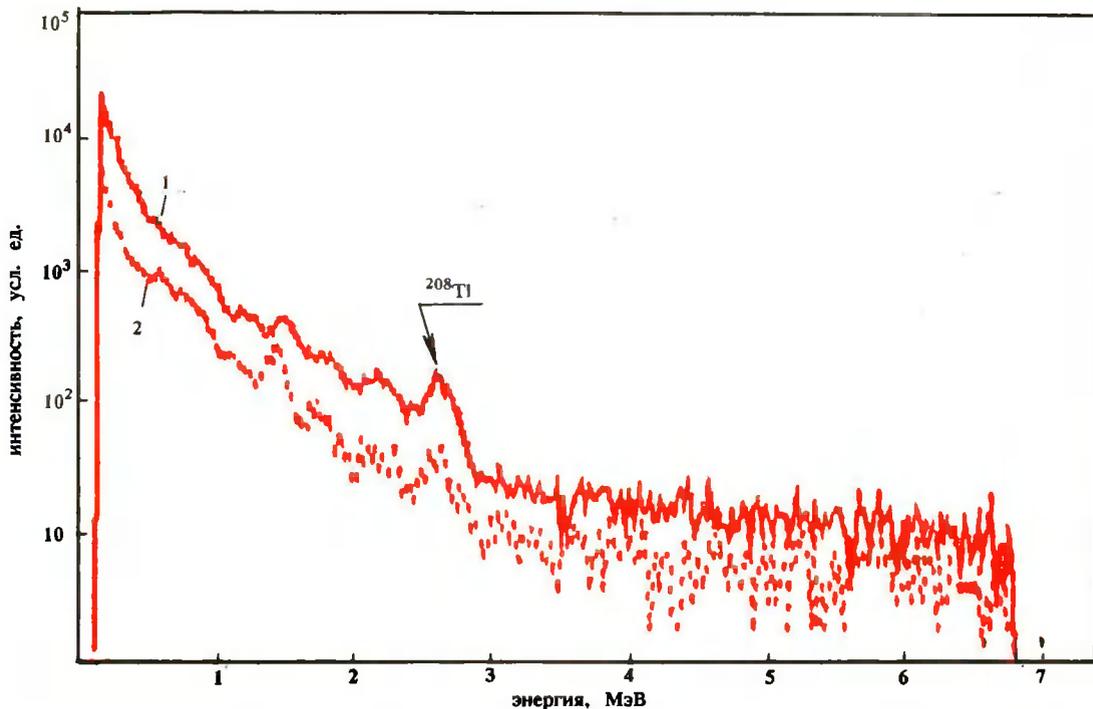
Анализ этого выражения показывает, что для улучшения пороговой чувствительности γ -спектрометрической аппаратуры необходимо уменьшать отношение $\sigma_{\phi}^2 S(E)$. Этого можно достичь, либо увеличивая чувствительность детектора, либо снижая уровень собственного фона детектора (например, используя материалы с низким содержанием радиоактивных примесей или уменьшая влияние фоновой компоненты окружающей среды).

Первый путь наиболее эффективен. Второй имеет ограничения, связанные с тем, что в наиболее информативных энергетических диапазонах спектра γ -излучения от ЯО (0,1—0,5 МэВ) вклад фоновой компоненты окружающей среды может превышать собственный уровень фона детектора на 2—3 порядка. Снижение же фона за счет выбора таких энергетических диапазонов, в которых вклад от фона среды минимален (от 2 МэВ и выше), может привести к уменьшению полезной компоненты γ -поля от ЯО или даже ее полной потере. Как правило, в этом случае используют различные методы режекции фона среды — например, окружают детекторную часть аппаратуры защитными материалами или же применяют элементы активной защиты за счет включения комбинированных детекторных сборок в режим «совпадений» или «антисовпадений». Кроме этого, для снижения влияния фона среды применяют координатно-чувствительные методы регистрации γ -поля с использованием детекторов, собранных в виде матриц с кодированной апертурой (γ -телескопы). Такие приборы могут использоваться для обнаружения и пространственной локализации γ -излучений от ЯО на морских и наземных носителях.

Для оптимизации «фактора качества» детектора по параметру $S(E)$ наиболее эффективны детекторы с развитой поверхностью — детекторных сборок из отдельных чувствительных элементов на основе NaI или CsI и др. Такие сборки включены в γ -спектро-

² Зан С. Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976.





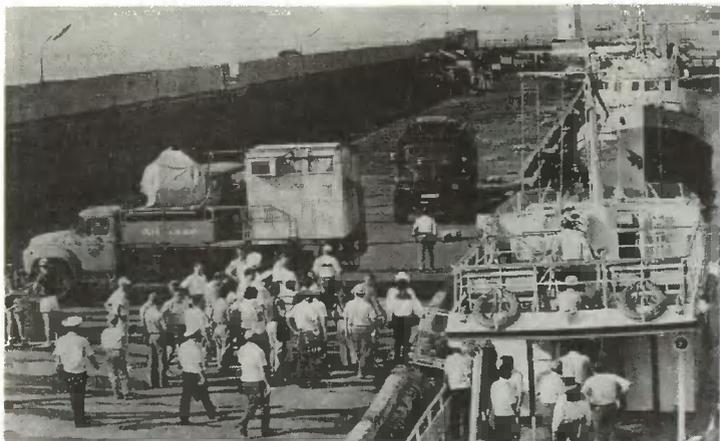
Комплекс «Север» (слева вверху) на большом десантном судне (Ялта, 5 июля 1989 г.). Он предназначен для дистанционного и контактного обнаружения и контроля ядерного оружия на морских носителях. Аномалия γ -поля (слева внизу), обнаруженная комплексом «Север» на траверзе пусковой установки крылатой ракеты на крейсере «Слава» (дистанция 50 м), свидетельствует о наличии в ней источника γ -излучения (измерения проводились в диапазоне 0,2—0,8 МэВ). γ -Спектр (1), полученный контактным датчиком (вверху). Фотопик в области 2,62 МэВ и наличие жесткого γ -излучения в области 3—6 МэВ указывают на наличие ЯО в крылатой ракете [2—фооновый спектр].

метрические комплексы типа «Север», «Агат», разработанные в ГЕОХИ АН СССР для обнаружения ЯО корабельного базирования.

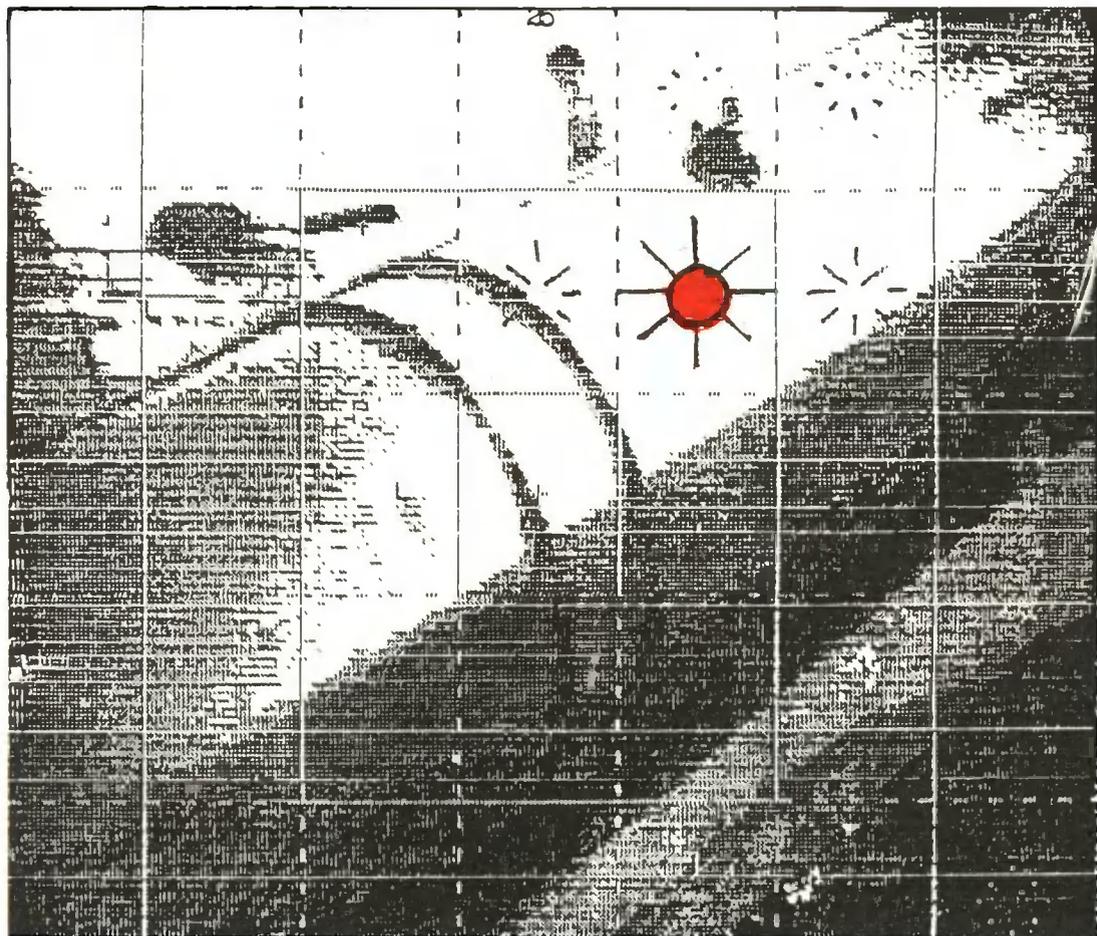
ПРИНЦИП РАБОТЫ γ -СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

γ -Спектрометрический комплекс «Север» предназначен для обнаружения и идентификации ЯО, размещенного на кораблях. Он включает в себя два независимых канала: дистанционный γ -спектрометр направленного действия общей площадью 0,25 м² (8 детекторов на основе NaI) и выносной γ -спектрометр для измерения и анализа информации контактным методом. Принцип его работы основан на регистрации потока γ -квантов различных энергий чувствительными элемента-

ми детекторной сборки. Попав в объем сцинтилляционного детектора, γ -кванты взаимодействуют с атомами сцинтилляционного материала, который способен преобразовать энергию γ -кванта в световые импульсы с амплитудами, пропорциональными энергии γ -квантов. Световые импульсы в фотоэлектронном умножителе (ФЭУ) преобразуются в электрический сигнал и усиливаются. Получаемые с выхода ФЭУ импульсы различной амплитуды, пройдя через усилители, поступают на вход амплитудного анализатора, где сортируются по амплитуде. В зависимости от числа каналов в анализаторе (от 128 до 1024 и более) импульсы определенных амплитуд регистрируются поканально в соответствии с номером канала и амплитудой зарегистрированного импульса в детекторе. На выходе анализатора мы получаем аппаратный спектр, который градуируется от источников γ -излучений (например, ¹³⁷Cs с $E_\gamma=667$ кэВ или ⁶⁰Co с $E_\gamma=1,17$ и 1,33 МэВ). По положению максимумов фотопиков определенных энергий в определенных каналах анализатора строится градуировочный график, по которому можно определить энергию зарегистрированного γ -кванта или построить полный энергетический спектр потока γ -квантов, попавших в объем детектора. Реализованные в комплексе «Север» программные средства позволяют в реальном



Комплекс «Агат» (вверху), размещенный на грузовом автомобиле, предназначен для обнаружения и определения местоположения ЯО на кораблях, стоящих у пирса. Пространственное изображение y -поля (внизу), регистрируемого координатно-чувствительной маской комплекса, с отмеченным на нем положением ЯО в пусковой установке крылатой ракеты (распечатка с экрана компьютера комплекса «Агат»).



масштабе времени осуществить одновременно непрерывный сбор и обработку информации с дистанционного и контактного датчиков.

Чувствительность дистанционного канала комплекса «Север» в диапазоне 0,1—1,3 МэВ (от точечного источника ^{60}Co) $1,3 \times 10^{-5}$ имп./фотон и $1,3 \cdot 10^{-6}$ имп./фотон соответственно на дистанциях 50 и 100 м от источника. При известном уровне фона можно оценить и пороговую чувствительность комплекса «Север» для конкретной ситуации.

γ -Телескоп «Агат» предназначен для обнаружения, определения местоположения и пространственного разделения ЯО на объектах. При его разработке использовался координатно-чувствительный метод регистрации γ -квантов детекторной сборкой в виде матриц с кодированной апертурой, позволяющей выделять точечные источники на фоне окружающей среды.

Принцип работы телескопа «Агат» заключается в следующем. Поток γ -квантов, регистрируемый детекторной матрицей, проходит через специальную маску, представляющую собой блок с открытыми и закрытыми ячейками в заданной последовательности. Это позволяет промодулировать падающий поток γ -квантов на детекторную маску по выбранному закону кодирующей апертуры, которая закреплена перед координатно-чувствительной матрицей (КЧМ) на расстоянии, обеспечивающем угол обзора 15—34° и угловое разрешение 4°. Сигналы с выходов ФЭУ, не совпадающие по времени с сигналами блока активной защиты, поступают на входы блоков регистрации и обработки информации, в которых производятся свертка, обработка и восстановление изображения γ -поля, регистрируемого КЧМ в реальном масштабе времени. Далее восстановленное изображение в виде матрицы интенсивности γ -поля воспроизводится на экране дисплея. Для привязки пространственного распределения γ -поля к исследуемому объекту в телескопе применена телевизионная камера, оптическая ось которой согласована с оптической осью КЧМ. Это позволяет видеть положение обнаруженных источников γ -поля на наблюдаемом объекте. При общей площади 440 см² детекторной сборки чувствительность γ -телескопа составляет $(1—6) \cdot 10^{-2}$ (имп./фотон) в диапазоне 0,1—1,3 МэВ.

Комплексы «Север» и «Агат» представляли ГЕОХИ АН СССР в советско-американском эксперименте в Черном море. Кроме них в эксперименте использовались: комплекс «Роса» (разработка Института физики

Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР) с контактным полупроводниковым детектором, комплекс «Советник» (разработка Института атомной энергии им. И. В. Курчатова), предназначенный для обнаружения ЯО с вертолета по нейтронному излучению, и американский комплекс контактной аппаратуры на основе полупроводниковых детекторов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА В ЧЕРНОМ МОРЕ

Для проведения первого советско-американского эксперимента представителями ВМФ СССР были выделены ракетный крейсер «Слава», оснащенный крылатой ракетой морского базирования (КРМБ) серии SS-N-12 с ЯО, большое десантное судно с комплексом «Север» и вспомогательное судно «Апшерон» с вертолетным комплексом «Советник», а также судно «Енисей» для участников эксперимента.

На ракетном крейсере «Слава» были размещены все контактные аппаратурные комплексы, представленные СССР и США. Руководство ВМФ СССР разрешило исследование непосредственно на установке КРМБ с ЯО. Десантное судно с комплексом «Север» проводило дистанционные измерения γ -поля от ЯО, размещенного на крейсере «Слава» при удалении от корабля на расстояние до 60 м. По результатам этих измерений было показано, что на дистанциях до 50—60 м от крейсера «Слава» на траверзе пусковой установки КРМБ комплексом «Север» достоверно обнаружены аномалии γ -поля от ЯО.

При стоянке «Славы» у пирса проводились исследования по определению пространственной структуры γ -поля около пусковой установки КРМБ с ЯО, измерялся поток γ -квантов на поверхности пусковой установки. Кроме того, был испытан γ -телескоп «Агат», предназначенный для обнаружения и определения местоположения источников γ -излучения на борту кораблей, стоящих у пирса. Результаты исследований показали, что распределение γ -поля на поверхности пусковой установки КРМБ с ЯО не изотропно, и это связано, очевидно, с конструктивными особенностями размещения ЯО и использованием материалов с различными свойствами поглощения и рассеивания γ -квантов. Суммарный поток на поверхности пусковой установки составил $(1—3) \times 10^6$ 1/с, что согласуется с теоретическими оценками. Результаты испытаний γ -телескопа «Агат» показали перспективность его использования для обнаружения и выделе-

ния местоположения ЯО на кораблях, стоящих у пирса. С дистанции 10—12 м от корабля γ -телескоп «Агат» не только обнаружил ЯО, но и определил его место установки в КРМБ. Отработанные в этом эксперименте принципы обнаружения, локализации и пространственного определения местоположения источников γ -излучений были применены при создании нового γ -телескопа «Аметист» с большей чувствительностью и лучшим пространственным разрешением для решения задач, связанных не только с обнаружением и локализацией источников γ -излучений, но и возможностью (при наличии на борту корабля двух и более ЯО) их пространственного разделения. В этом году будут проведены испытания этого комплекса, а также нового корабельного комплекса с детекторной сборкой площадью 1,5 м².

ПЕРСПЕКТИВЫ

Результаты советско-американского эксперимента показали, что предложенные советскими и американскими учеными методы и аппаратура могут быть эффективно использованы для создания системы контроля ЯО морского базирования по γ - и нейтронным полям, как наиболее изученных к настоящему времени. Однако если рассматривать ЯО как потенциальный источник других полей, то помимо ядерных излучений энергия делящихся материалов может преобразовываться и в другие виды излучений, приводящих к образованию аномалий, например, в тепловых, электромагнитных, оптических и других полях. И здесь предстоит провести ряд теоретических и экспериментальных исследований по выявлению новых информационных признаков, по которым можно обнаруживать и идентифицировать наличие ЯО на корабельных носителях. Расширение наших представлений о физических полях возмущений, создаваемых ЯО, даст нам возможность оптимизировать дистанционно-контактные методы и технические средства контроля ЯО на корабельных носителях. При наличии таких технических средств можно выработать и концепцию механизма контроля ЯО морского базирования. Он должен осуществляться, исходя из тактико-технических характеристик систем ЯО и условий их размещения на боевых и транспортных кораблях.

Контроль за наличием ЯО на надводных кораблях-носителях может проводиться в акваториях Мирового океана и в портах их базирования в два этапа. На первом этапе осуществляется обнаружение источников γ - и нейтронных излучений на инспектируемом

корабле с расстояния 50—200 м дистанционно (с корабля либо с вертолета, на которых размещены аппаратурные комплексы обнаружения ЯО). На втором этапе проводится идентификация ЯО. Для этого на борт контролируемого корабля передается переносной контейнер с автономно работающим γ -спектрометром, снабженным телеметрической связью с постом контролера, размещенным на корабле или на берегу. По команде контролера контейнер устанавливается в местах обнаружения аномалий γ - или нейтронных полей. Вся информация с γ -спектрометра вместе с телевизионным изображением места установки контейнера передается на контрольный пост для последующей обработки и принятия решения о классификации обнаруженной аномалии дистанционной аппаратурой.

Создание единого дистанционно-контактного комплекса даст возможность, по нашему мнению, выработать взаимоприемлемую систему контроля, способную с высокой достоверностью осуществлять необходимые мероприятия по контролю за наличием ЯО на корабельных носителях в различных акваториях морей и океанов при соблюдении национальных и международных правовых норм.

В заключение следует отметить, что технические средства контроля ЯО морского базирования могут успешно применяться как для контроля за производством делящихся материалов, используемых в ЯО, так и в районах их складирования и при транспортировке в порты базирования кораблей-носителей ЯО.

ОТ РЕДАКЦИИ

Работа по обнаружению ЯО на борту наземных и подводных транспортных средств в течение десятилетий велась в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова в сотрудничестве с ВМФ СССР, вертолетным КБ им. Н. И. Камова и рядом других организаций. В 1987 г. она была отмечена Государственной премией СССР. Редакция надеется еще вернуться к истории этих исследований и подробнее рассказать о комплексах, созданных при участии ИАЭ им. И. В. Курчатова.

Заместитель главного редактора
журнала «Природа»
член-корреспондент АН СССР
Л. П. Феоктистов

А. И. Бурдэ

Геологические карты нового поколения

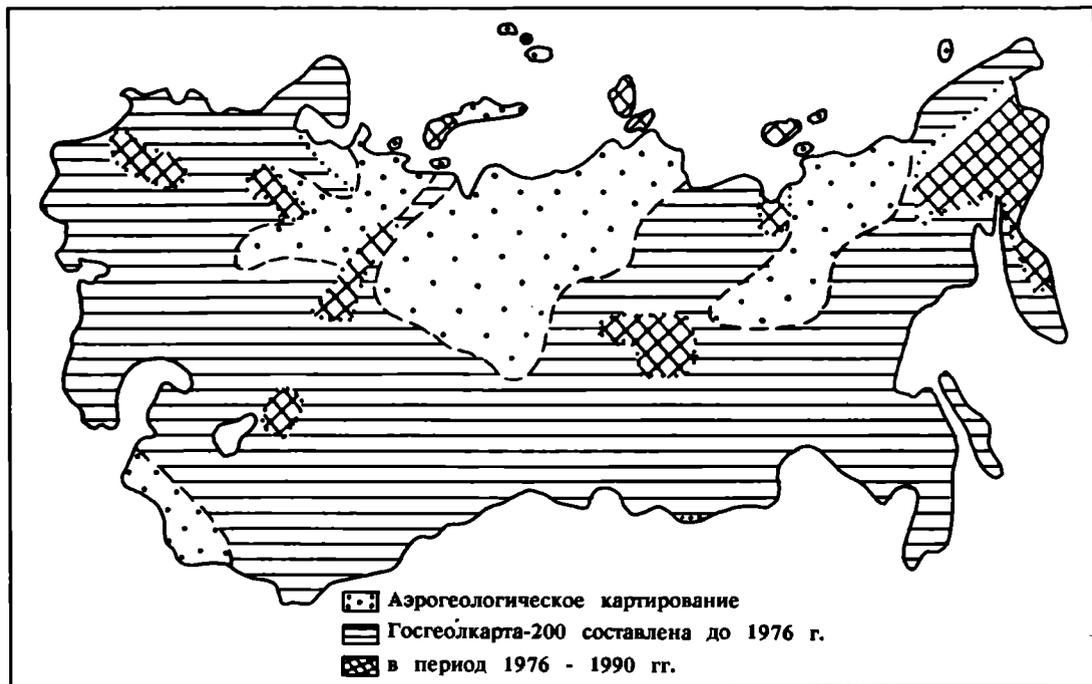


Александр Исаакович Бурдэ, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий сектором Госгеокарты Всесоюзного научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского. Специалист в области методики и организации региональных геологических съемок, геологической картографии и геологии Дальнего Востока.

ОДНА из наиболее ярких черт современного этапа развития общества — осознание напряженности экологической обстановки на Земле. Но если необходимость охраны воды, воздуха, растительного и животного мира уже как-то утвердилась в умах людей, то этого никак не скажешь о веществе, названном В. И. Вернадским косным. Речь идет о геологической среде, т. е. земной тверди, на которую человек давно начал воздействовать, строя различного рода хозяйственные объекты и добывая полезные ископаемые. В результате к естественным обвалам, оползням, землетрясениям и т. п. добавляются искусственные — антропогенные. Еще одно, весьма специфическое воздействие на геологическую среду — захоронение радиоактивных и токсичных отходов предприятий, так называемых хвостов обогатительных фабрик, твердого и жидкого бытового мусора и т. п.

Большинство людей, и что особенно существенно, руководителей министерств и ведомств, полагают, что подобного рода мероприятия безопасны. Такая иллюзия вызвана длительностью геологических процессов по сравнению с жизнью отдельного человека. В действительности же не все они так продолжительны, чтобы не проявиться в геологическом смысле достаточно быстро. Так, ныне из скважин под Москвой добывается вода, которая проникла в глубинные водоносные горизонты на побережье Финского залива в начале XIX в. И если бы в то время шли кислотные дожди и в грунт поступали стоки, зараженные вредными веществами, пить эту воду было бы небезопасно.

А в наше время в наземные и подземные водоемы поступают не только кислоты, но и тяжелые металлы. В Невской губе после строительства дамбы начали накапливаться илы с содержанием свинца и ртути на порядок выше фонового, в осадках реки Коваши на побережье Финского залива содержание меди близко к минимальному в руде, а свинца и цинка вдоль многих



шосейных дорог здесь в 10 раз больше допустимой концентрации¹. Конечно, отдаленные последствия заражения литосферы могут вывиться лишь через сотни тысяч и миллионы лет. Но мы не знаем, какими они будут. Таким образом, пряча наши беды в землю, мы оставляем потомкам бомбу замедленного (а может быть, и не очень замедленного) действия. Нет сомнения, что необходимо хотя бы ее точное описание. На сегодня единственный документ о состоянии геологической среды — геологические карты.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ В СССР И ЗА РУБЕЖОМ

В большинстве стран мира именно эти карты образуют основу рационального природопользования в целом и охраны окружающей среды в частности. Существуют карты трех уровней детальности: мелкого масштаба — 1:1 000 000 (10 км в 1 см) и мельче, среднего — 1:100 000—1:250 000 (1-2,5 км в 1 см) и крупного — 1:25 000—1:50 000 (250-500 м в 1 см). Создание таких карт — главная задача государственных геологических служб, организованных в развитых странах еще в прошлом веке (например, в 1834 г. в Великобритании, в 1882 г. в России). Тиражи издаваемых карт составляют сотни тысяч и миллионы листов в США, Канаде, Японии и других странах и будут расти (в США, например, к середине 90-х годов — до 5 млн экземпляров). Затраты на создание карт в странах с большой территорией составляют весьма крупные суммы. Бюджет геологической службы США на эти цели в 1987/88 финансовом году составил 169,6 млн долл., или 18 долл. на 1 км² территории².

В СССР среднегодовые затраты за XII пятилетку составили 247,2 млн руб., или около 11 руб. на 1 км². Общий тираж геологических карт — около 100 тыс. листов.

Однако большинство этих карт не могут служить для целей рационального природопользования, и особенно охраны природы, и к тому же практически не доходят до массового потребителя (местных советов, колхозов, совхозов и т. п.).

Дело в том, что на рубеже 20-х и 30-х годов Геологический комитет СССР, занимавшийся составлением геологических карт, был слит с геологоразведочными орга-

низациями Наркомата тяжелой промышленности СССР и образовано Главное геологоразведочное управление, впоследствии переименованное в Комитет по делам геологии при Совете Министров СССР. После войны комитет превратился в Министерство геологии СССР — гигантскую геологоразведочную фирму, не имеющую аналогов в мировой практике. Главная ее задача — обеспечить прирост запасов полезных ископаемых. На изучение геологии и составление геологических карт тратится лишь около 5 % ассигнований, а сами карты не входят в число показателей государственного заказа. Поэтому их создание считается делом третьестепенной важности (за исключением тех случаев, когда руководству министерства необходимо представлять в международном уровне). Как правило, эти работы становятся одной из первых жертв при всякого рода сокращениях ассигнований. К тому же с середины 50-х годов преобладает тенденция свести геологическую съемку (основной метод создания геологических карт) в первую очередь к поискам полезных ископаемых (более 70 % работ) в ущерб комплексности и многосторонности геологического изучения, чему весьма способствовало и организационное разделение геологических и гидрогеологических съемок в 60-х годах.

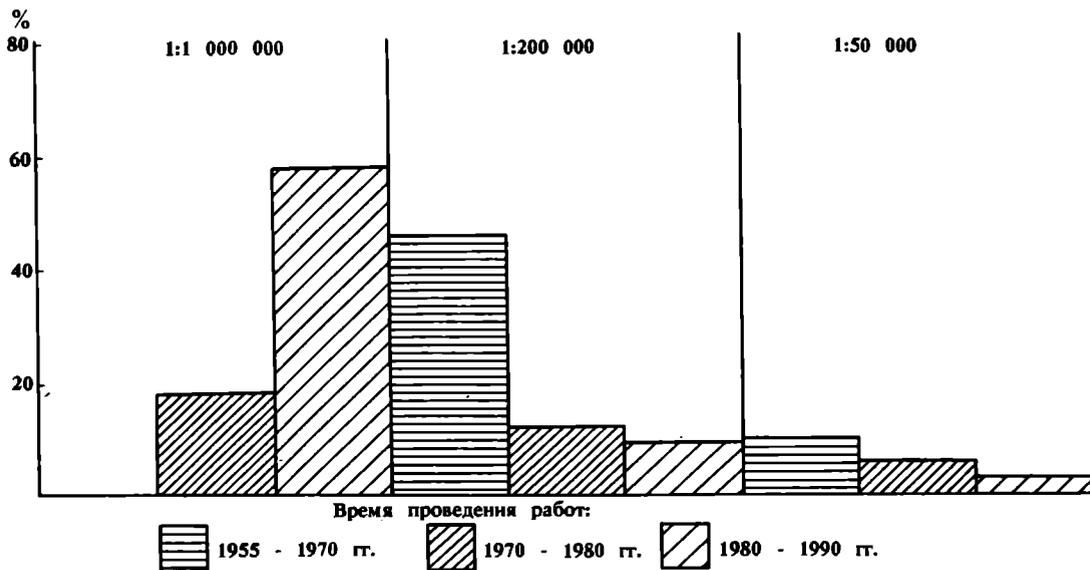
Именно этим объясняется отсутствие среднемасштабных и крупномасштабных государственных геологических (и гидрогеологических) карт для таких освоенных, населенных и экологически напряженных районов, как значительная часть Поволжья и Прикамья, Калмыцкие степи, города Пермь, Киров, Пенза, Астрахань и др.

Систематическая геологическая съемка и составление карт масштаба 1:200 000 начаты в 50-х годах. Было отснято 98 % территории страны, но подготовлено к изданию только около 65 % карт. Съемки масштаба 1:50 000 в массовом порядке ведутся примерно с середины 60-х годов. Они охватили около 30 % территории, но к изданию подготовлены единичные листы. Ежегодный прирост площадей таких съемок составляет 0,4—0,5 % территории СССР.

Эти показатели примерно соответствуют геологической изученности стран со сравнимой по размерам территорией (США, Канада, Австралия), но значительно уступают изученности западноевропейских стран и столь же значительно превосходят изученность стран третьего мира. По качеству исполнения геологические карты СССР, в общем, находятся на том же уровне, что и карты развитых стран, свидетельством чего являются многочисленные призы выставок

¹ Геологический мониторинг и проблемы геоэкологии Балтийского и Черного морей. Л., 1990.

² United States Geological Survey Yearbook 1987. Washington: Government Printed Office, 1988.



Динамика геологического картографирования: подготовка и издание госгеолкарт масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000; проведение геологических съемок масштаба 1:50 000.

международных геологических конгрессов. Впрочем, дело не только в количестве и качестве исполнения карт, но и в степени их соответствия современным требованиям.

Геологические карты — это пространственные и временные модели геологического строения, в которых собирают, обрабатывают, хранят и передают геологическую (в широком смысле) информацию, исходя из основных (на момент составления карты) потребностей народного хозяйства, научной парадигмы и технологических возможностей. В связи с этим геологические карты, как и всякая другая информация, с течением времени стареют. Прогностические же объекты (например, месторождения) вообще исчерпываются, причем быстрее всего в районах интенсивного освоения. В результате эффективность карт довольно быстро падает.

В настоящее время 60 % изданных государственных геологических карт масштаба 1:200 000 (для 40 % территории СССР) и около 50 % материалов геологических съемок масштаба 1:50 000 (для 15 % территории) не отвечают нуждам народного хозяйства (особенно рационального природопользования и охраны окружающей среды).

Необходимы, и как можно быстрее, карты нового поколения, содержащие объективную характеристику состояния геологической среды, которые могли бы быть основой

прогноза ее изменения в результате антропогенных воздействий. На первом этапе разумнее всего сделать это на основе съемки 1:200 000 (из-за долговечности и дороговизны съемки 1:50 000). Другими словами, речь идет о создании новой серии Госгеолкарты-200. Чем же она будет отличаться от старой?

НОВАЯ СЕРИЯ ГОСГЕОЛКАРТЫ-200

Во-первых, использованием современных способов получения геологической информации (аэрокосмических, аэрогеофизических и др.), ее обработки и применения на основе современных геологических теорий. Не секрет, что принятая во всем мире тектоника плит почти «не попала» на карты, издаваемые в СССР.

Новая серия Госгеолкарты-200 будет готовиться на основе обобщения и комплексной интерпретации по единой технологии с применением ЭВМ всех имеющихся данных при минимальном объеме полевых работ, необходимом для увязки результатов разных лет и экспедиций, решения принципиальных вопросов геологического строения района, пополнения данных. (в первую очередь геолого-экологических).

Потребуется и усовершенствование картографического языка. Возникающие при этом проблемы находят на стыке картографии, семантики, лингвистики и полиграфии. По важности и интересу они заслуживают отдельного рассмотрения. Поэтому органичимся лишь смысловой характеристикой карт, которые должны войти в комп-

лект новой серии: карты рыхлых четвертичных отложений и коренных дочетвертичных образований, карты закономерностей размещения полезных ископаемых и, наконец, геолого-экологические карты.

Первые отразят геологическую реальность в соответствии с современными теориями тектоники, осадконакопления, рудообразования и др. и основанными на них интерпретациями геологических объектов, известных издавна, но понимаемых теперь по-иному. На этих же картах будут изображаться вредные примеси в первичном составе горных пород, геотехнические свойства пород, и в частности способность к развитию обвалов, оползней, карста и т. п.

Карта закономерностей размещения полезных ископаемых, методика составления которой разработана в основном в нашей стране, поможет и геологическому изучению недр, и добыче полезных ископаемых. Сделать такую карту более современной позволит применение единой технологии прогноза с помощью ЭВМ на основе комплексных прогнозно-поисковых моделей месторождений, рудных полей и узлов.

Принципиально новой будет геолого-экологическая карта. Содержание ее пока неочевидно, методика составления окончательно не разработана. Но поскольку на такой карте должна быть дана характеристика состояния геологической среды, оценка ее возможного влияния на среду обитания человека и прогноз возможных изменений под антропогенным воздействием, то, скорее всего, необходимы несколько «уровней» такой карты.

ГЕОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Верхний уровень охватывает почву и рыхлые отложения с зараженными участками пород и поверхностных вод, а также источники заражения и состав вредных веществ.

Второй уровень — коренные породы, подвергающиеся непосредственному антропогенному воздействию (до глубины 8 км). Это участки распространения пород, которые могут быть источниками повышения концентраций не безопасных для среды веществ (например, углеродистых аргиллитов как источника ванадия, никеля, меди, урана и пр.); районы возможных обвалов, осыпей, проявлений вулканизма и сейсмичности. К этому же уровню можно отнести характеристики допустимого воздействия инженерных сооружений на геологическую среду (в частности, данные об устойчивости пород и их проницаемости). Такие характеристики по-

зволят рассчитать, скажем, возможность проникновения удобрений, гербицидов и пестицидов в глубину и заражения ими подземных источников водоснабжения, как это, по-видимому, имеет место на Ижорском плато в Ленинградской области.

Третий уровень — это возможные влияния деятельности человека на геологическую среду, последствия которой проявятся через сотни и тысячи (а может быть, и миллионы) лет, например, добычи и сжигания огромных объемов углеводородов, заражения осадков Мирового океана свинцом, медью, ураном, ртутью и другими тяжелыми металлами (что, кстати, напоминает о возможности резкого изменения животного мира 60 млн лет назад из-за иридиевой аномалии).

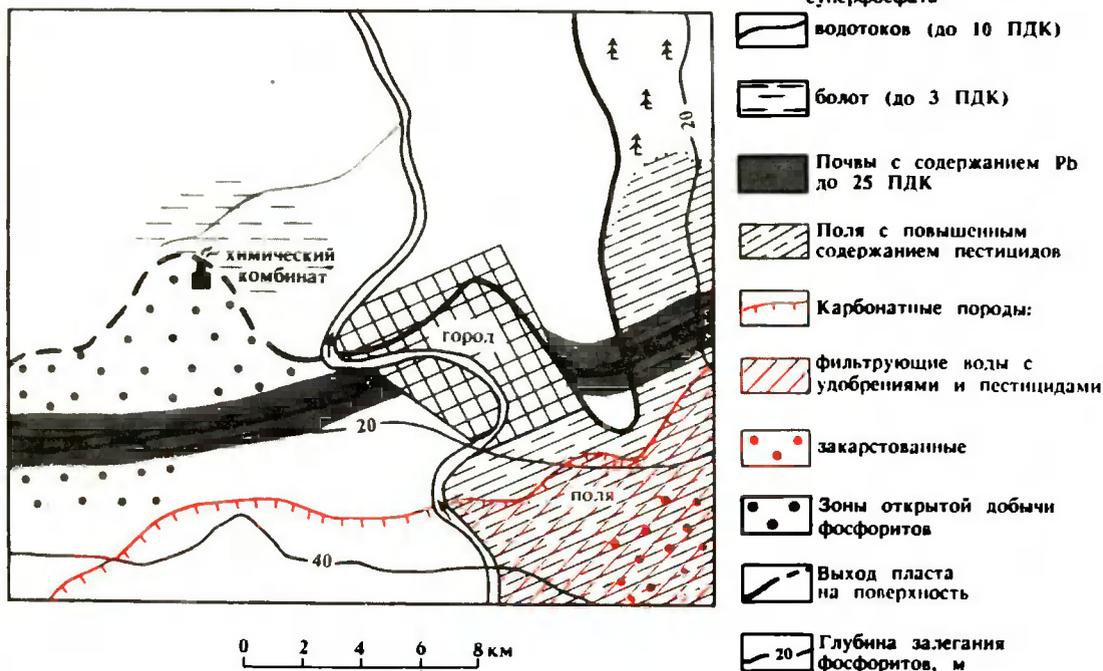
Количество материалов для создания геолого-экологической карты уже сейчас колоссально. Так, литогеохимические съемки масштаба 1:200 000 проведены на 60 % территории СССР, а масштаба 1:50 000 — на 17 % (причем в основном в районах с развитой горнодобывающей и перерабатывающей отраслями промышленности). Эти съемки наряду с гидрохимическими исследованиями дают представление о степени заражения рыхлых отложений и вод такими элементами, как Pb, Cu, Zn, Ni, As и др.

Необходимые дополнительные материалы (например, о загрязнении вредными органическими веществами, удобрениями, пестицидами, а также о влиянии предприятий) могут быть собраны в процессе полевых работ на отдельных опорных участках, а в случае необходимости и на всей площади.

На основе геолого-экологической карты можно провести районирование изученной территории по степени комфортности обитания и условиям охраны окружающей среды. Наиболее целесообразно районирование по стоимости природоохранных мероприятий (как это сделано, например, в Испании для района Мадрида), но, к сожалению, у нас пока нет достаточно надежных исходных экономических данных. По-видимому, придется все же ограничиться прогнозом изменений геологической среды под антропогенным воздействием на основе имеющихся данных. Предвижу, однако, большие трудности, вытекающие из бытующей практики организации подобных работ.

КАК ОРГАНИЗОВАТЬ РАБОТЫ?

История подготовки второго издания Геологической карты СССР масштаба 1:1 000 000 в 1965—1990 гг. и первого (так и не оконченного с 1955 г.) издания Геологи-



Фрагмент геолого-экологической схемы (Прибалтийский фосфоритонесный бассейн).

ческой карты СССР масштаба 1:200 000 показала, что рассредоточение этих работ по почти 50 производственным организациям (занятым на 80—90 % поисками и разведкой месторождений) создает почти непреодолимые препятствия единому планированию и организации работ. Сегодня территориальные геологические организации наделены правами социалистических предприятий, внедрили вторую модель хозрасчета и переходят к региональному хозрасчету. Им невыгодна съемка, как достаточно дешевая (и тем дешевле, чем прогрессивнее ее методы) работа.

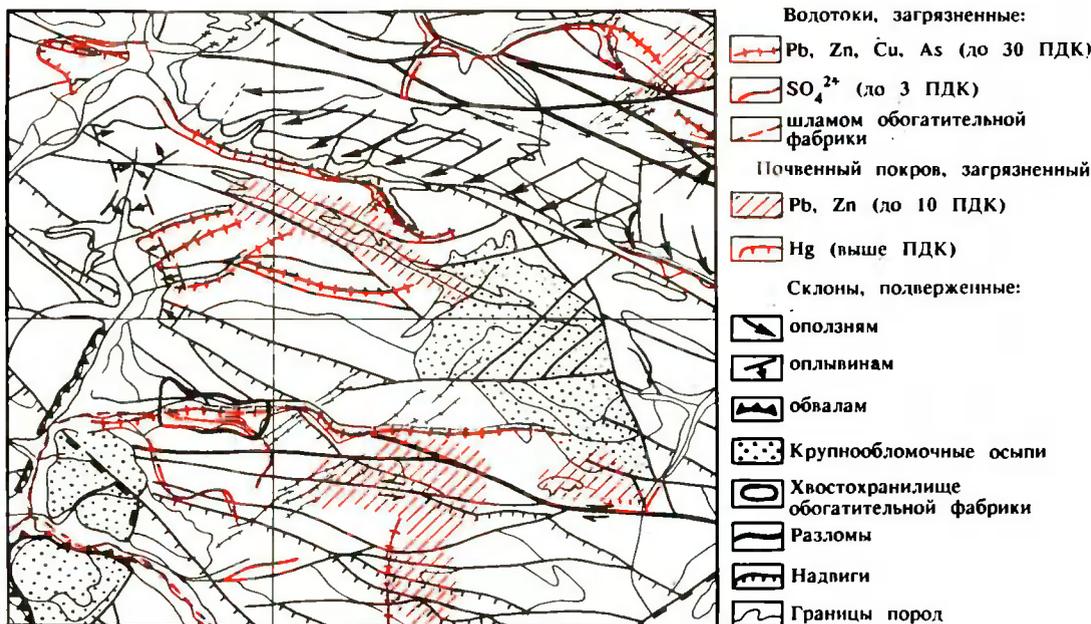
Поэтому нужна специализированная организационная структура, целью которой будет ускоренная подготовка новой серии. Госгеолкарты-200 и карт более мелкого и крупного масштаба. Эта структура (условно назовем ее «Геокарта») могла бы иметь функции планирования, финансирования и научно-методического руководства. При этом какую-то часть работы «Геокарта» выполняла бы своими силами, а какую-то — с помощью территориальных производственных геологических организаций и институтов Мингео СССР, АН СССР и геологических

вузов. Вместе с тем «Геокарта» могла бы играть роль общепромышленного центра по подготовке высококвалифицированных геологов-съемщиков.

Таким образом, в известной мере она была бы аналогом Геологического комитета России (основанного в 1882 г. и ликвидированного в 1930 г.) и зарубежных государственных геологических служб.

Затраты на создание многоцелевой комплексной геологической основы рационального природопользования и народного хозяйства, как и за рубежом, должны быть бюджетными. Они окупятся, поскольку позволят предотвратить непроизводительные или нерациональные затраты по другим каналам.

Функции «Геокарты» могут быть и просветительскими, так сказать, ликбезовскими. Рациональное использование геологической основы невозможно без распространения в обществе, и в среде администраторов и политиков в особенности, сознания необходимости и навыков применения геологических данных. В настоящее время положение в этом отношении ужасающее, а безграмотность лиц, принимающих решения, становится общественно опасной. Достаточно вспомнить, что для территорий, которые пересекают Каракумский канал, «замороженный» канал Волга — Чограй, каналы не-



Фрагмент геолого-экологической схемы олово-полиметаллического рудного района (Приморский край).

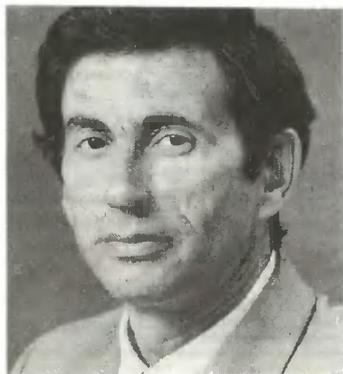
состоявшейся переброски вод, вообще нет государственной геологической и гидрогеологической основы. Нет такой основы и у района, где построен Астраханский газоперерабатывающий комплекс, у большой части промышленных и горнодобывающих районов Грузии, Армении, Урала и др. И тем не менее здесь полным ходом идет строительство!

Воспитание геолого-экологического мировоззрения, конечно, должно начинаться еще в школе. Не случайно в ряде стран в старших классах преподают геологию. Например, во Франции до 35—40 % общего тиража геологических карт масштаба 1:50 000 используется для обучения.

Успех использования геологических карт для рационального природопользования и охраны окружающей среды во многом будет обусловлен их доступностью. До сих пор существуют неоправданные ограничения, связанные с закрытостью топографической основы. Связанная с этим тяжба военного ведомства и геологической службы

тянется уже 100 лет. Так, еще в 1892 г. Генеральный штаб укорял Геологический комитет в изображении на картах масштаба 1:840 000 крепостей, хотя в такой степени детальности они были известны всей России. Эти ограничения давно потеряли смысл с появлением космических снимков и микропроцессорной техники, встраиваемой в навигационное оборудование ракет и самолетов, и тем не менее часть их практикуется.

Современная геологическая основа имеет важное значение для реализации законодательства Союза ССР о земле и ее недрах. Принятое в СССР и большинством других стран разделение права на землю и права на недра предполагает, что земля, предоставляемая во владение (пользование или аренду в соответствии с Основами законодательства Союза ССР о земле), в течение длительного срока не будет отчуждена для эксплуатации ее недр или что предоставленной земле не будет нанесен ущерб при пользовании недрами. Очевидно, что гарантии подобного рода могут быть даны только по современным геологическим картам при обоснованном прогнозе добычи полезных ископаемых и геолого-экологической обстановки.

Б. Г. Поляк**Гелий и тепло Земли — общая судьба**

Борис Григорьевич Поляк, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Геологического института АН СССР. Основные области научных интересов — геотермика, энергетика вулканизма, геохимия изотопов гелия. В «Природе» опубликовал статью (совместно с Я. Б. Смирновым): *Тепловой режим Земли*. 1970. № 5.

«В ИСТОРИИ гелия,— писал в «Очерках геохимии» В. И. Вернадский, обогативший своими идеями науки о Земле, как никто другой,— нельзя оставить без внимания особое положение его (подобно водороду) в строении земной материи. <...> Исходя из геохимической истории гелия, выявился бы новый, очень важный факт, новое свойство земной коры. Оказалось бы, что кора не изолирована от космического пространства. Все время происходит материальный и энергетический обмен через нее между Землей и космосом»¹. «Очерки» создавались в 1923—1933 гг. Тогда еще не были известны общие масштабы выноса энергии из земных недр. Не знали и о том, что в природном гелии кроме тяжелого изотопа ⁴He содержится легкий ³He. Он был открыт Л. Альваресом и Р. Корногом позже, в 1939 г. И в том же году Э. Буллард впервые измерил плотность идущего из недр кондуктивного теплового потока (как оказалось впоследствии, именно таким способом, т. е. благодаря теплопроводности пород, из Земли выносятся более 90 % теряемого ею глубинного тепла). Но в полной мере предвидение Вернадского оправдалось лишь полвека спустя.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА

Кондуктивный тепловой поток есть следствие теплопроводности земной коры и существования в ней вертикального градиента температуры, или геотермического градиента. Определить его плотность можно путем термометрических измерений в скважинах и изучения теплопроводности вскрытых ими пород на образцах керна или *in situ*.

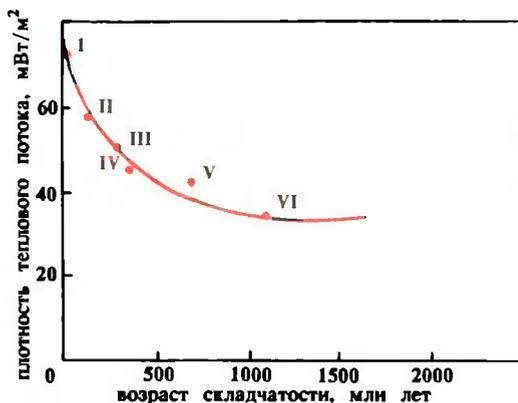
Во времена Вернадского геотемпературное поле было изучено, в общем-то, слабо, о чем он с горечью писал: «Наблюдения над геотермическими градиентами <...> у нас

© Поляк Б. Г. Гелий и тепло Земли — общая судьба. ¹ Вернадский В. И. Очерки геохимии // Вернадский В. И. Избр. соч. Т. 1 М., 1954. С. 283, 285.

не организованы, и научные возможные результаты теряются безвозвратно². Тогда распространено было представление об универсальном для верхней части коры среднем значении геотермического градиента около $30^\circ/\text{км}$. Но по мере охвата термометрическими измерениями все новых и новых районов выяснилось, что величина его широко варьирует, составляя, например, в древних (докембрийских) кристаллических щитах около $10^\circ/\text{км}$, а в районах современного вулканизма — более $100^\circ/\text{км}$.

Обнаружились и заметные различия плотности теплового потока в разных пунктах наблюдений. Оказалось, что на ее величине сказываются рельеф земной поверхности, структурно-теплофизическая неоднородность геологического разреза, циркуляция подземных вод и некоторые другие факторы, искажающие глубинный тепловой поток в верхних горизонтах коры. При усреднении данных в больших выборках влияние этих факторов нивелируется, поскольку их геотермические эффекты в противоположных геологических ситуациях — например, в областях питания и разгрузки подземных вод или под долинами и горами — разнонаправленны. Зато при этом вырисовываются региональные различия теплового потока.

В начале 50-х годов известный американский геофизик Ф. Берч, основываясь на имевшихся тогда нескольких десятках определений, предположил, что «существуют вариации теплового потока, связанные со структурными и химическими вариациями регионального масштаба»³. Частично это предположение подтвердилось в следующем десятилетии, когда автору статьи вместе с Я. Б. Смирновым удалось выявить связь региональных средних значений плотности теплового потока с возрастом тектоно-магматической активности в исследованных районах: между этими параметрами существует отрицательная корреляционная зависимость⁴. Впоследствии, оперируя постоянно возрастающими панрегиональными и глобальными совокупностями данных, этот принципиальный вывод проверили и полностью подтвердили исследователи из многих стран. (Кстати, именно выявление этой тенденции позволило, учитывая площадь блоков земной коры с разной плотностью кондуктивного



Зависимость теплового потока от возраста складчатости в разных частях континентов (по Б. Г. Поляку и Я. Б. Смирнову, 1968). По мере увеличения возраста складчатых структур плотность фонового кондуктивного потока тепла снижается до значений, характерных для древнейших структур континентальной коры. I — кайнозойские мегаосициклинали; II — мезозойская складчатость; III — герцинская складчатость; IV — каледонская складчатость; V — докембрийские платформы; VI — докембрийские щиты.

теплопотока, найти его общую мощность; по разным оценкам, его общепланетарный энергетический эффект в современную эпоху составляет примерно $3,5 \cdot 10^{13}$ Вт.)

Итак, к концу 60-х годов выяснилось, как кондуктивные теплопотери распределены по поверхности литосферы. Но почему они распределены именно таким образом, какими геологическими причинами обусловлены — на этот вопрос найденная зависимость прямого ответа не давала и не могла дать. Сама по себе, эта зависимость свидетельствует только о возникновении в эпохи тектоно-магматической активности в недрах охваченных ею блоков неких временных, более или менее локальных, источников тепла, на что и так указывают магматические породы (т. е. застывшие расплавы), присутствующие в разрезах этих блоков. Но о природе таких источников найденная зависимость не говорила ничего — о ней оставалось лишь догадываться.

Некоторые геологи, ориентируясь на повышение теплового потока в молодых, тектонически подвижных поясах Земли, думали, что это — фрикционный эффект тектонических процессов, не связанный с избыточным поступлением в недра этих поясов тепловой энергии из более глубоких зон. Однако подсчеты французского геотермика Ж. Гогеля и др. показали, что выделение тепла трения в результате всех тектонических процессов, чем бы они ни вызывались (а они тоже должны иметь источник энер-

² Вернадский В. И. Об областях охлаждения в земной коре // Вернадский В. И. Избр. соч. Т. 4. Кн. 2. М., 1960. С. 648.

³ Birch F. // Geophysics. 1954. Vol. 19. № 4. P. 645.

⁴ Поляк Б. Г., Смирнов Я. Б. // Докл. АН СССР. 1966. Т. 168. № 1. С. 170—172; Они же // Геотектоника. 1968. № 4. С. 3—19.

гии), может составить лишь около 0,5 % глобальных кондуктивных теплопотерь.

Геофизики предлагали чисто математические модели, в которых параметры гипотетического источника тепла — его положение, размеры, мощность и время существования — задавались таким образом, чтобы расчетное распределение теплового потока от этого источника соответствовало найденной зависимости. При этом обычно постулировалась связь источника тепла с подъемом горячего вещества из мантии. Однако данное предположение опиралось лишь на косвенные, геофизические, данные. Однозначно доказать его справедливость могли только прямые — материальные — признаки вторжения мантийного вещества в лежащие выше горизонты.

Обнаружить эти признаки, т. е. присутствие в коре подкорового вещества, можно лишь геохимическими методами. Но для этого недостаточно исследовать просто общий химический состав геологических объектов (минералов, горных пород, подземных флюидов), так как все элементы таблицы Менделеева можно встретить буквально на земной поверхности. Найти доказательства выноса ювенильного⁵ вещества из подкоровых глубин, выявить его динамику и механизм — эту проблему удалось решить только путем изучения изотопного состава элементов. Особенно информативным в этом отношении оказался гелий.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЗЕМНОГО ГЕЛИЯ

Геохимия изотопов гелия как научное направление возникла в 1948 г., с публикацией работ ее основоположников Л. Олдрича и А. Нира в США и В. Г. Хлопина и Э. К. Герлинга в СССР. Уже к середине 50-х годов стало ясно, что в природе существуют разные генетические типы гелия, резко отличающиеся своим изотопным составом, т. е. отношением концентраций легкого и тяжелого изотопов⁶. Важнейшие из них — первичный и радиогенный гелий.

В первичном («первозданном») гелии, возникшем при рождении Вселенной и создаваемом реакциями ядерного синтеза в недрах звезд, отношение концентраций изотопов $^3\text{He}/^4\text{He}$ равно $(1,5-4,0) \cdot 10^{-4}$. Такой гелий, присутствующий сегодня в веществе метеоритов и «солнечном ветре», входил в

состав протопланетной туманности и был захвачен Землей при ее аккреции⁷.

Радиогенный же гелий образуется при α -распаде и делении радиоактивных элементов — почти исключительно урана и тория — и вызываемых этим ядерных реакциях ($^6\text{Li} + n \rightarrow \alpha + ^3\text{H}$, $^3\text{H} \beta^- \rightarrow ^3\text{He}$). В радиогенном гелии обычных земных пород изотопное отношение близко к $1 \cdot 10^{-8}$, в урановых минералах оно еще ниже, а в богатых литием, наоборот, выше.

Таким образом, у гелия спектр вариаций отношения концентраций стабильных изотопов охватывает примерно 10 порядков величины. Он неизмеримо шире, чем у любого другого элемента, что делает гелий самым чувствительным индикатором природных процессов.

По мере развития геохимии гелия выяснилось следующее. Во-первых, в породах и минералах гелия почти всегда меньше, чем должно было образоваться при их росте и содержании радиоактивных элементов. Во-вторых, он легко мигрирует из минерального вещества в «омывающие» его подземные флюиды. В-третьих, в атмосфере гелия содержится в 10 тыс. раз меньше, чем могло бы накопиться за время жизни Земли, — это обусловлено его постоянной диссипацией в космическое пространство, так как кинетическая энергия атомов гелия в верхах атмосферы позволяет им, как и предполагал Вернадский, преодолеть барьер земного притяжения. Но он надеялся, что изучение истории земного гелия прояснит не только материальный, но и энергетический обмен между Землей и космосом. Для доказательства его правоты решающими оказались именно изотопные данные.

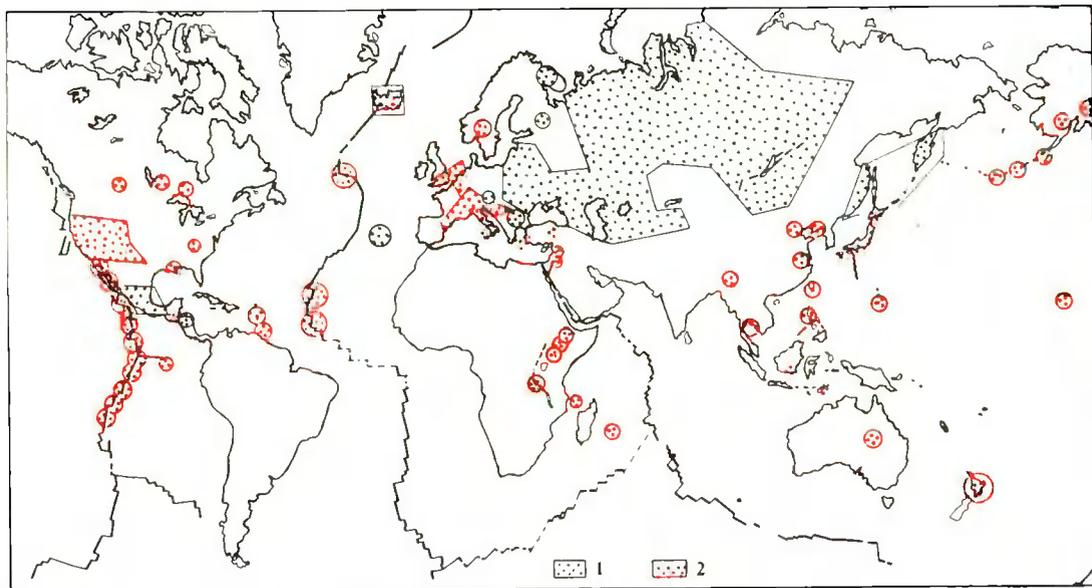
В атмосферном гелии величина отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ равна $1,39 \cdot 10^{-6}$, т. е. на два порядка выше, чем в радиогенном «коровом». Чтобы этот эффект возник, судя по всему, недостаточно одного только современного попадания в атмосферу космического вещества и образования в ней спалогенного гелия. Тем более он не может быть следствием распада техногенного трития, продуцирующего неизмеримо малое коли-

⁷ Существует еще один тип гелия — спалогенный, с более высоким, чем в первичном, изотопным отношением ($\sim 10^{-1}$). Он образуется при взаимодействии высокоэнергетического космического излучения с ядрами атомов, слагающих поверхность твердых тел или рассеянных в виде газа, и на изотопный состав гелия Земли практически не влияет.

⁸ Такой гелий называют «коровым» имея в виду, что он не просто содержится в коре, а возникает в ней. Вместе с ним в коре может присутствовать гелий другого происхождения.

⁵ Ювенильным называют вещество, не входившее ранее в состав коры и не участвовавшее в кругооборотах.

⁶ М а м ы р и н Б. А., Т о л с т и х и н И. Н. Изотопы гелия в природе. М., 1981.



Районы, в которых изотопный состав гелия изучался советскими [1] и зарубежными [2] исследователями.

чество ^3He по сравнению с его общим содержанием в атмосфере. Поэтому повышенная величина изотопно-гелиевого отношения считается признаком присутствия в атмосфере примеси первичного гелия, захваченного нашей планетой при аккреции. Но когда эта примесь туда попала? Ведь атмосфера, как выяснилось, постоянно теряет гелий и, значит, не могла бы удержать этот газ, выделившись он из Земли в далеком геологическом прошлом. Это заставило специалистов сосредоточиться на поисках каких-либо признаков современного поступления первичного гелия в верхние оболочки Земли — кору и атмосферу — из ее недр, где он мог сохраниться.

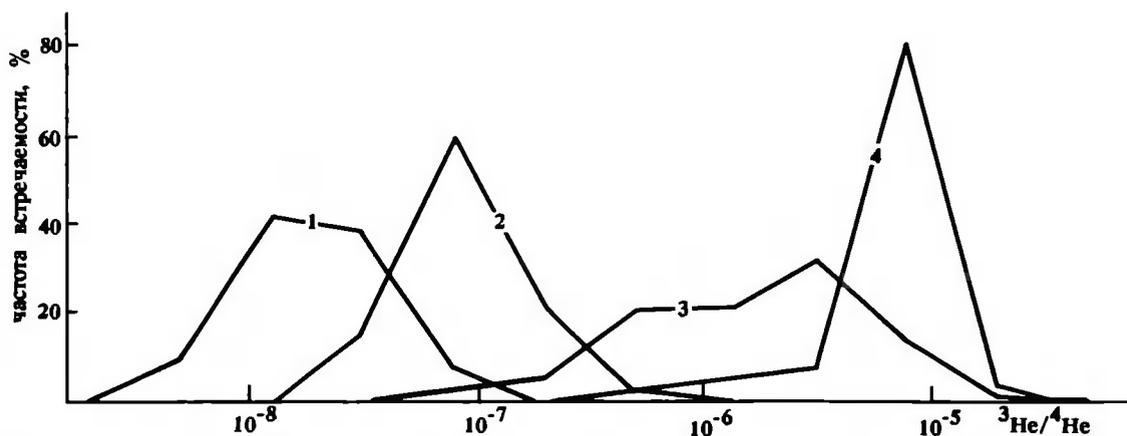
Ясно, что после аккреции Земли захваченный ею первичный гелий все время разбавлялся радиогенным, причем это происходило на фоне постоянного «убегания» гелия в космос. В результате величина отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ в Земле непрерывно уменьшалась. Наиболее интенсивно это уменьшение должно было протекать в веществе коры, которое при выделении из мантии обогащалось ураном и торием и к тому же особенно полно дегазировалось — обеднялось первичными газами.

Развитие масс-спектрометрической техники в конце 60-х годов привело к лавинообразному накоплению изотопно-гелиевых данных. Решающую роль в этом сыграли ра-

боты ленинградской школы исследователей — Б. А. Мамырина, И. Н. Толстихина, Г. С. Ануфриева, И. Л. Каменского, Э. М. Прасолова, Л. В. Хабарина и их коллег. Изучив вместе с геологами-нефтяниками, гидрогеологами, вулканологами весь спектр природных газов, они впервые обнаружили первичный гелий в подземных флюидах⁹. В газах горячих источников Курильских островов было зафиксировано отношение $^3\text{He}/^4\text{He} \approx 10^{-5}$, т. е. выше, чем не только в радиогенном, но и в атмосферном гелии. Этот факт стал первым и неопровержимым доказательством присутствия в недрах Земли остатков первичного гелия, выносимого оттуда современной вулканической деятельностью. Статья Мамырина и др. поступила в «Доклады АН СССР» в июле 1968 г., а в мае 1969 г., т. е. через 10 мес., У. Кларк, М. Бег и Г. Крэйг подтвердили вывод советских коллег. Они сообщили о находке в гелии, растворенном в океанической воде, избытка ^3He по сравнению с его содержанием в растворенном в воде воздухе и объяснили это явление поступлением гелия из мантии через дно океана.

В 70-е годы зарубежные исследователи сосредоточили свои усилия на поисках новых подтверждений современного поступления остатков первичного гелия из мантии. Однако они изучали только вулканические и гидротермальные газы из тектонически актив-

⁹ Мамырин Б. А., Толстихин И. Н., Ануфриев Г. С., Каменский И. Л. // Докл. АН СССР. 1969. Т. 184. № 5. С. 1197—1199.



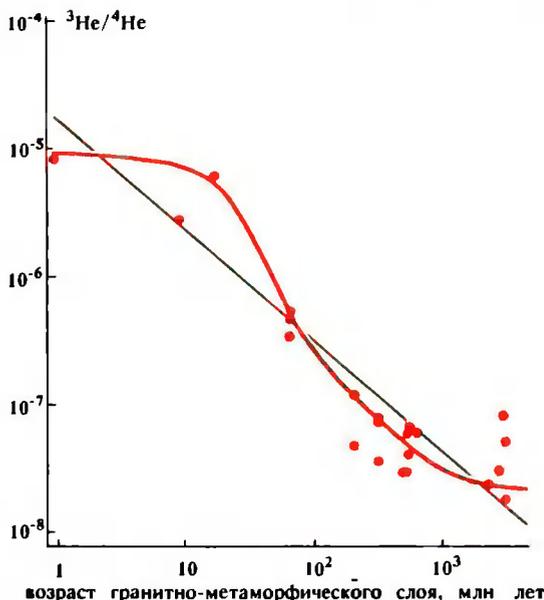
ных поясов Земли. К тому же использовавшаяся ими техника не позволяла надежно различать газы с малой (менее 0,1 %) примесью первичного гелия к радиогенному. Советские же специалисты, располагавшие в то время более совершенной аппаратурой, изучили не только газы вулканических районов, но и подземные флюиды всех структур континентальной коры — от новейших до самых древних. Именно это позволило им сделать ряд дальнейших фундаментальных выводов.

ВАРИАЦИИ $^3\text{He}/^4\text{He}$ В ПОДЗЕМНЫХ ФЛЮИДАХ

Было установлено, что в породах и минералах из-за особенностей их внутренней структуры, химического состава, возраста и происхождения изотопный состав гелия исключительно разнообразен. Но благодаря его утечке из пород в свободно циркулирующие подземные флюиды он в них перемешивается, и его изотопный состав естественным образом усредняется в соответствии с долей вклада разных источников гелия в данном блоке земной коры.

Опробование разнообразных флюидов суши — вскрытых буровыми скважинами подземных вод и залежей углеводородов, выходящих на земную поверхность холодных и горячих минеральных источников, эманий грязевых сопков и фумарол действующих вулканов — показало, что в них встречается вся гамма значений отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ от 10^{-8} до 10^{-5} (из расчетов исключалась примесь атмосферного гелия, попадающего во флюиды в процессе опробования или вместе с метеорными инфильтрационными водами). При этом в пространственных вариациях этих значений обнаружилась явная закономерность. Оказалось,

Изотопный состав гелия во флюидах из тектонических структур, различающихся по возрасту складчатости. Кривые отвечают экспериментальным данным, характеризующим: 1 — Восточно-Европейскую и Сибирскую доорифейские платформы; 2 — Скифскую и Туранскую эпигерцисские плиты; 3 — Кавказский сегмент Альпийско-Гималайского складчатого пояса, сформировавшегося в кайнозое; 4 — Курило-Камчатский сегмент Тихоокеанского пояса новейшей складчатости. При уменьшении возраста складчатости пики сдвигаются вправо, т. е. наиболее часто встречающиеся значения изотопно-гелиевого отношения растут.



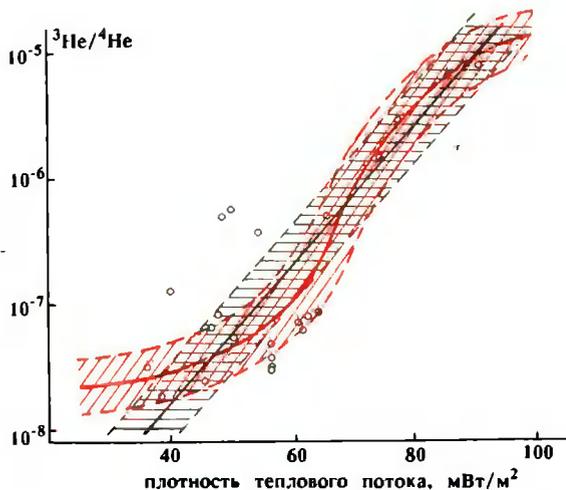
Изменение изотопного состава гелия во флюидах при эволюции континентальной коры. По горизонталю отложено время формирования ее гранитно-метаморфического слоя. Прямая — линейная аппроксимация зависимости отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ от этого времени, кривая — истинная форма связи. Точки отвечают средним значениям изотопно-гелиевого отношения в отдельных региональных выборках на территории Северной Евразии.

изотопно-гелиевое отношение играет роль отличительной региональной характеристики крупных блоков земной коры: при самом разном общем содержании гелия в них оно практически одинаково во всех типах флюидов, встречающихся в каждом таком блоке.

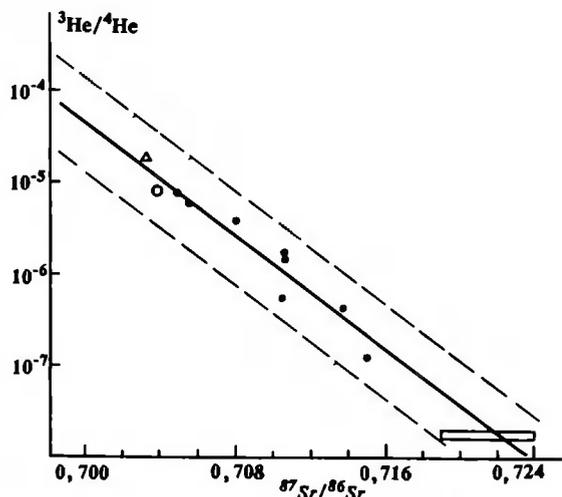
Данная закономерность была замечена еще при изучении изотопного состава гелия во флюидах, циркулирующих в областях разновозрастной складчатости, которая завершает переход континентальной коры в стабильное — платформенное — состояние¹⁰. Но особенно четко она проявилась при сопоставлении изотопного состава гелия с хронологией процесса становления континентальной коры в разных ее участках, который многие годы был предметом исследований тектонистов Геологического института АН СССР¹¹.

В результате такого сопоставления¹² выяснилось, что флюиды самых древних частей материков — дорифейских платформ — содержат только радиогенный «коровый» гелий. В остальных структурных элементах зрелой континентальной коры отношение $^3\text{He}/^4\text{He}$ выше, что указывает на присутствие примеси первичного гелия — в общем случае тем большей, чем меньше возраст коры. Максимальные же значения этого отношения, около 10^{-5} , зафиксированы в областях современной вулканической и гидротермальной («поствулканической») деятельности, связываемых с дифференциацией и дегазацией мантии. Они концентрируются в самых молодых структурах континентальной коры и рассекающих ее рифтовых поясах, а также в подводных срединно-океанических хребтах, где мантия максимально приближена к земной поверхности. Это и послужило указанием на состав гелия в мантии: судя по величине изотопного отношения в ее дериватах, 90 % мантийного гелия составляет в настоящее время радиогенный и лишь 10 % — первичный¹³.

Именно такой, мантийный, гелий со-



Связь изотопного состава гелия в подземных флюидах с тепловым потоком. Черным показана линейная аппроксимация этой связи, цветная кривая — ее истинная форма [область существования связи естественно ограничена предельными значениями отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ в земном гелии: мантийным $\sim 10^{-3}$ и «коровым» $\sim 10^{-8}$]. Координаты точек соответствуют региональным значениям отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ и плотности теплового потока в разновозрастных блоках континентальной коры Северной Евразии.



Взаимосвязь изотопного состава гелия во флюидах и стронция в породах. Точки — данные по Италии, треугольники и кружки — средние значения по Исландии и Камчатке, прямоугольники — оценки для древней континентальной коры.

¹⁰ Поляк Б. Г., Толстихин И. Н., Якуцени В. П. // Геотектоника. 1979. № 5. С. 3—23.

¹¹ Тектоническая карта Северной Евразии / Гл. ред. Пейве А. В. и Яншин А. Л. Тектоника Северной Евразии (объяснительная записка к тектонической карте). М., 1980.

¹² Поляк Б. Г. Тепломассопоток из мантии в главных структурах земной коры. М., 1988.

¹³ Отношение концентраций изотопов гелия в мантию можно в первом приближении считать постоянным на протяжении по крайней мере всего фанерозойского отрезка истории Земли (последние 570 млн лет), так как с течением времени оно меняется все медленнее. Подробнее см.: Азбеля И. Я., Толстихин И. Н. Радиогенные изотопы и эволюция мантии земли, коры и атмосферы. Апатиты, 1988.

держит юная континентальная кора, формирующаяся на активных окраинах материков и в островных дугах. Судя по результатам опробования подземных флюидов, дополнительный привнос мантийного гелия в

зрелую континентальную кору происходит только на участках ее повторной тектономагматической активизации (где благодаря его подмешиванию к гелию, уже содержащемуся в такой коре, фиксируются аномально высокие величины изотопного отношения) или в зонах более или менее полной деструкции коры при рифтогенезе (в таких зонах флюиды местами содержат чисто мантийный гелий).

Итак, региональные исследования показали, что отношение изотопов гелия в подземных флюидах зависит от возраста тектоно-магматической активности, формирующей и преобразующей земную континентальную кору, и, таким образом, имеет смысл геолого-исторического параметра.

ДВЕ СТОРОНЫ МЕДАЛИ

Но такой же смысл, как было установлено ранее, имеет и плотность фонового кондуктивного теплового потока (q). Стало ясно, что независимо обнаруженные принципиально различными методами, совершенно однотипные и геологически закономерные пространственные вариации изотопного состава гелия и теплового потока выражают два разных — геохимический и геофизический — аспекта одного и того же процесса становления и эволюции коры материков.

Поэтому вполне естественно, что при дальнейшем анализе между величинами $^3\text{He}/^4\text{He}$ и q была обнаружена тесная положительная корреляционная связь, хотя в парных совокупностях локальных значений обоих параметров разброс точек довольно широк. Главная его причина — дисперсия измеренных значений плотности кондуктивного теплотокта в каждом крупном возрастном подразделении континентальной коры. Эта дисперсия отражает искажения идущего из недр теплового потока упомянутыми выше приповерхностными возмущающими факторами, а также перемещениями горных масс, т. е. тектоническими движениями. Например, интенсивное осадконакопление в прогибающихся зонах коры приводит к «экранированию» части глубинного теплового потока, расходящегося на нагрев погружающихся осадков. Сходные последствия имеют и крупномасштабные горизонтальные смещения (надвиги) отдельных пластин земной коры, а обратный эффект — быстрая эрозия ее воздымающихся участков. Все эти факторы (за исключением шарьирования разных по возрасту пластин) на изотопном составе гелия в подземных флюидах никак не сказываются.

И действительно, в разных структурных элементах любого разновозрастного бло-

ка коры изотопный состав практически одинаков, тогда как не только локальный, но и фоновый тепловой поток в них может существенно различаться (например, в депрессиях и поднятиях). Отсюда следует, что корреляция величин $^3\text{He}/^4\text{He}$ и q отражает связь изотопного состава гелия флюидов с плотностью глубинного теплового потока, не «деформированного» в земной коре тектоническими движениями и приповерхностными искажающими факторами. Наиболее отчетливо эта связь проявилась при сопоставлении региональных средних значений обоих параметров в разновозрастных блоках континентальной коры.

Аналитическое выражение этой связи (уравнение регрессии) в принципе позволяет при известном значении одного параметра найти наиболее вероятное значение другого. Поэтому его можно использовать для довольно уверенной оценки плотности глубинного теплового потока, которую трудно, а порой и невозможно провести по результатам прямых термометрических наблюдений, так как в них нужно вводить поправки на влияние всех возмущающих факторов — рельефа и эволюции климата в районе измерений, формы и теплопроводности геологических тел, слагающих разрез, скорости и направления движения подземных вод, темпа осадконакопления или эрозии и других параметров, редко известных с удовлетворительной точностью. Особенно ценна такая возможность для прогнозирования региональных геотермических условий в неразбуренных районах, где легче собрать и проанализировать газы, чем пробурить скважину для термометрических измерений. Практичность такого подхода была доказана сравнением прямых и косвенных (изотопногелиевых) оценок плотности теплового потока в геотермически хорошо изученном Богемском массиве Чехословакии¹⁴. Впоследствии он был реализован при изучении Камчатки, среднегорья Монголии, вулканического пояса Мексики.

Признаки корреляции изотопного состава гелия флюидов с плотностью теплового потока впервые были отмечены на XVI Генеральной ассамблее Международного геофизико-геодезического союза, проходившей в 1975 г. в Гренобле¹⁵. Совместное изучение потоков тепла и гелия казалось важным еще и из-за их совместного порож-

¹⁴ Поляк Б. Г., Прасолов Э. М., Чермак В. // Докл. АН СССР. 1982. Т. 263. № 3. С. 701—704.

¹⁵ Polyak B. G., Kononov V. I., Tolstikhin I. N. et. al. The helium isotopes in thermal fluids. Proceed. Grenoble Symp. Aug. / Sept. 1975. // IAHS Publ. 1976, № 119. P. 17—33.

дения радиоактивным распадом, который почти сразу после открытия стали считать важнейшим источником внутриземной энергии. Попытки увязать эти потоки в 1970-х годах предпринимали Ю. П. Булашевич и Ю. В. Хачай, а в 1980-х, уже на изотопном уровне, Э. Оксбург и Р. О'Найонс. Работы этих исследователей основывались на представлениях о «гелиевом дыхании Земли», возможность же совместной транспортировки тепла и гелия эти советские авторы не рассматривали, а английские — вообще отвергли. Но приведенные выше факты показали, что такая транспортировка — объективная реальность. Это подтвердили и японские исследователи, отметившие выявленную советскими коллегами корреляцию на территории своей страны¹⁶.

Итак, пространственно-временные особенности распределения величин ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ и q в континентальной коре ясно показали, что на стадии ее формирования и при повторной тектоно-магматической активизации в нее одновременно поступают тепло и гелий из мантии. Но что служит их переносчиком?

Гипотеза, что им может быть сам гелий — весьма теплоемкая субстанция, уступающая в этом отношении только водороду, — не выдерживает критики, поскольку его суммарный поток в атмосферу, судя по оценке И. Я. Азбель и И. Н. Толстихина, не превышает $2 \cdot 10^6$ ат/см²·с. Не могут выступать в роли таких агентов и другие летучие компоненты мантии (водород, вода и т. п.), так как для обеспечения «маркированного» мантийным гелием выноса внутриземного тепла они должны были бы поступать в атмосферу и гидросферу в совершенно нереальных количествах. Такую роль может выполнить только само силикатное вещество мантии, формирующее кору. Этот вывод нашел прямое экспериментальное подтверждение.

СИЛИКАТНАЯ ПРИРОДА ТЕПЛОМАССОПОТОКА ИЗ МАНТИИ

Радиоактивный распад трансформирует изотопный состав не только гелия, но и многих других элементов. Один из них — стронций, литофильный элемент (в отличие от атмосферного гелия), который в заметных количествах рассеян в разнообразных горных породах. Он имеет радиоактивный изотоп ${}^{87}\text{Sr}$, образующийся при β -распаде радиоактивного ${}^{87}\text{Rb}$. Первичный стронций, захва-

ченный Землей при аккреции, имеет точную изотопную метку ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr} = 0,698990 \pm 0,000047$, установленную в метеоритном веществе Д. Папанастасиу и Дж. Вассербургом.

Закономерности, управляющие эволюцией изотопного состава стронция в разных геосферах, идентичны тем, которые определяют изотопный состав земного гелия: в обоих случаях первичные изотопные метки «стираются» при генерации радиогенных изотопов, материнские элементы которых (U, Th и Rb) выносятся из мантии в кору. Разница только в масштабах и динамике изменения первичных отношений: у летучего гелия это изменение усугубляется диссипацией обоих его изотопов в космическое пространство, тогда как стронций остается в Земле. Тем не менее перспектива поиска связи между значениями ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ и ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$ в геологических объектах казалась весьма заманчивой.

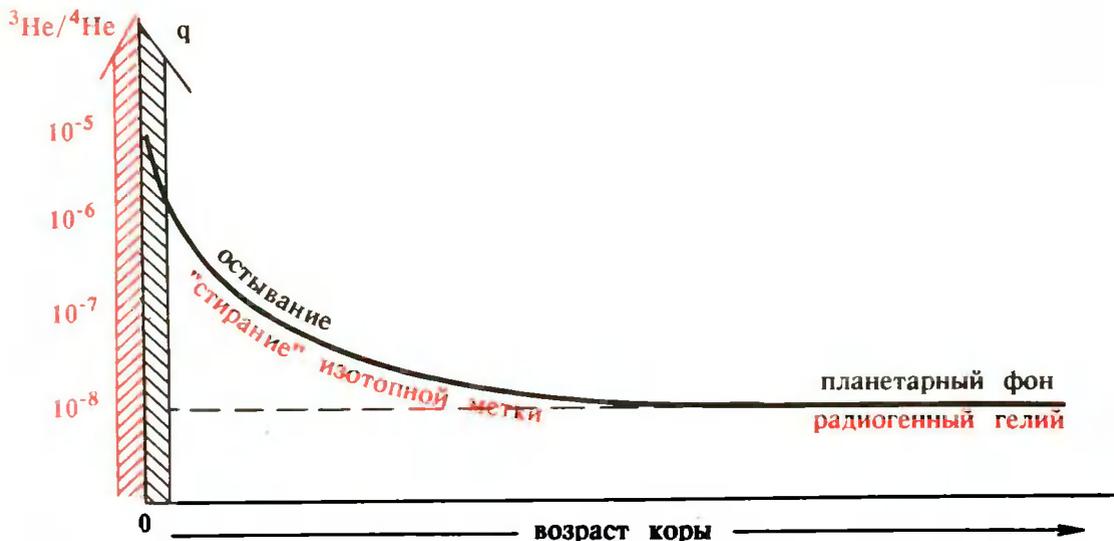
Реализовать ее мешали два обстоятельства. Первое — различия в химическом составе пород. Состав гелия в них зависит, в частности, от содержания лития. Столь же существенную роль играют и различия в концентрациях как рубидия, так и стронция, наблюдающиеся даже в возникших из единого магматического резервуара, разновозрастных, но разных по составу породах. Второе препятствие — неодинаковая сохранность гелия в разных породах и минералах. Поэтому ни то, ни другое изотопное отношение, измеренное в индивидуальном образце конкретной породы, не характеризует «средний» фоновый состав элемента в исследуемом регионе (геоблоке).

У гелия, из-за его перехода в подземные флюиды, состав усредняется естественным образом и становится фоновой региональной характеристикой. Со стронцием, вообще говоря, происходит то же самое. Именно благодаря этому по среднему изотопному составу Sr в речном стоке с Канадского щита Г. Фор, П. Харли и Г. Фейрбейрн получили стронциевую изотопную метку вещества древней, дорифейской, континентальной коры — ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr} \approx 0,720$. Но для более молодых ее блоков таких объективных данных пока нет, и единственный способ их получить — формально усреднить результаты всех измерений этого отношения в породах исследуемого региона.

Таким путем удалось оценить¹⁷ изотопный состав стронция в вулканических породах

¹⁶ Sano Y., Tominaga T., Nakamura Y., Wakita H. // *Geochim. J.* 1982. № 6. P. 237—245.

¹⁷ Поляк Б. Г., Прасолов Э. М., Буачидзе Г. И. и др. // Докл. АН СССР. 1979. Т. 247. № 5. С. 1220—1225.



Тройственная взаимосвязь между изотопным составом гелия во флюидах, фоновым кондуктивным тепловым потоком и возрастом континентальной коры (точнее, временем ее тектоно-магматической активизации).

некоторых районов мира и сопоставить его с изотопным составом гелия в омывающих эти породы подземных флюидах. Один из этих районов — Италия, где оба отношения варьируют в широких пределах, но между их величинами существует тесная корреляционная зависимость. Линия регрессии, выражающая эту связь, соединяет области изотопных составов обоих элементов в мантии и древней континентальной коре.

Возраст исследованных вулканических пород Италии находится в пределах от 4,1 млн лет (Тоскана) до современного (продукты извержений Везувия, Этны и вулканов Липарских о-вов). Заметное же изменение мантийных меток гелия и стронция за счет генерации радиогенных изотопов потребовало бы гораздо больше времени (период полураспада ^{235}U — 0,7, ^{238}U — 4,5, ^{232}Th — 14, ^{87}Rb — 48 млрд лет). Отсюда следует, что наблюдаемые в тосканских проявлениях вулканической и «поствулканической» деятельности величины гелиевого и стронциевого изотопных отношений обусловлены не естественной эволюцией исходных меток, а «загрязнением» (контаминацией) мантийного вещества коровым, ассимилируемым поднимающимися из мантии магматическими расплавами. Уменьшение степени контаминации вдоль Апеннинского п-ова, с севера на юг, говорит о погружении в этом направлении кровли зоны генерации магм ниже изотопной границы «кора — мантия».

Таким образом, обнаруженная в геотермальных районах Италии согласованность в изменении изотопных составов гелия и стронция указывает на перенос их из мантии в кору неким общим агентом. Единственным же агентом, способным транспортировать не только легко теряемый породами летучий гелий, но и «консервирующийся» в породах стронций, может быть только само силикатное вещество мантии¹⁸.

ДВИЖУЩАЯ СИЛА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Установленная взаимосвязь между величиной отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$, плотностью фонового кондуктивного теплопотока и возрастом тектоно-магматической активности в зрелой и формирующейся континентальной коре — объективное комплексное граничное условие для реалистической модели тектогенеза, которая обязана учитывать его структурно-формационные, геофизические и геохимические следствия. Стоит вспомнить в связи с этим давние слова известного советского тектониста Н. С. Шатского: «Главнейшие обобщения о движениях и силах тектоника получает из детального анализа структур ... основываясь на данных геофизики и геохимии земного шара и опираясь на гипотезы о его происхождении». И еще: «Ни одна тектоническая гипотеза или концепция

¹⁸ Недавно это признали и английские исследователи, считавшие ранее, что гелий выносится из мантии автономными потоками летучих. Подробнее см.: O'Nions R. K., Oxburgh E. R. // Earth and Planet. Sci. Lett. 1988, Vol. 90. P. 345.

в области синтетической геологии не может рассчитывать на сколько-нибудь длительное существование, если она не основывается на всем комплексе эмпирических обобщений нашей науки»¹⁹.

Из существования этой тройственной взаимосвязи с неизбежностью следует, что становление земной коры связано с тепломассопотоком из мантии, эвакуирующим из нее и оставшийся первичный ³He, и тепловую энергию. Корреляция изотопных составов гелия и стронция показала, что этот массопоток имеет силикатную природу. Таким образом, представления об обусловленности тектоно-термальной активности подъемом мантийного силикатного вещества получили необходимое материальное подтверждение.

В зоне формирования земной коры этот тепломассопоток частично разгружается на поверхность Земли в виде вулканической деятельности. Основная же его доля не достигает земной поверхности — «скрытая разгрузка» — и создает избыточный тепловой потенциал недр в зоне ее локализации. Этот потенциал отчасти разряжается посредством гидротермальной деятельности: ее энергетический эффект вместе с тепловой мощностью вулканизма определяет конвективные теплотери Земли. Но главная его «разрядка» осуществляется путем необратимых кондуктивных потерь тепла через лежащие выше толщи, а также за счет трансформации тепловой энергии в другие формы в ходе разнообразных деформаций, горообразования и метаморфизма. Таким образом обеспечиваются энергией структурно-вещественные преобразования коры в процессе ее формирования.

Впоследствии остаток тепловой энергии, привнесенной в верхние горизонты литосферы мантийным тепломассопотоком и не израсходованной в той или иной форме в эпоху тектоно-магматической активности, отводится через поверхность Земли постепенно ослабевающим кондуктивным тепловым потоком — вынесенное из мантии вещество остывает. Одновременно в нем «стирается»

исходная изотопно-гелиевая метка из-за продолжающейся генерации радиогенного ⁴He при общей тенденции гелия к диффузии в атмосферу и диссипации оттуда в космическое пространство. С течением времени плотность кондуктивного теплототока, как и величина отношения ³He/⁴He, снижается до некоторого стабильного уровня (если, конечно, не происходит повторной тектоно-магматической активизации данного блока), т. е. вынесенное из мантии вещество «забывает» о своем происхождении. Любое региональное превышение плотности теплового потока над этим уровнем — следствие конвективного привноса в кору (литосферу) тепла из мантии.

Так геохимия изотопов гелия позволила расшифровать структуру планетарных теплототери и количественно определить ее компоненты, т. е. охарактеризовать, как и надеялся Вернадский, «энергетический обмен через кору между Землей и космосом». В общих необратимых потерях внутриземной энергии конвективные теплототери — вынос тепла за счет вулканизма и гидротермальной деятельности — составляют в современную эпоху всего несколько процентов. Эффект же скрытой разгрузки этого тепломассопотока, «меченного» мантийным гелием, намного больше. Судя по превышению плотности кондуктивного теплового потока в разных геотектонических провинциях над уровнем, отличающим древнейшие структуры континентальной коры, почти четверть тепловой энергии, отводимой через поверхность твердой Земли теплопроводностью пород, вынесено из мантии этим тепломассопотоком, т. е. конвективным путем. Из этого количества только половина — результат разгрузки тепломассопотока из мантии в зонах современного формирования коры, а остальное — тепловой след этой разгрузки при формировании более древних ее блоков. Таким же исчезающим следом разгрузки тепломассопотока из мантии в прошлые геологические эпохи служит и изотопный состав гелия в подземных флюидах зрелой континентальной коры.

¹⁹ Шатский Н. С. Тектоника (или геотектоника). БСЭ (2-е изд.): Т. 53. М., 1946. С. 754; Он же // Сов. геология. 1947. № 16. С. 4.

НЕ ОТСТАВАТЬ ОТ РУССКИХ!

В сентябре прошлого года Академия наук СССР проводила симпозиум в честь 90-летия со дня рождения академика Д. С. Коржинского, на который съехались ведущие петрологи из разных стран мира. Одним из неожиданных результатов встречи зарубежных исследователей с их советскими коллегами стала небольшая заметка в журнале «Nature», где затрагиваются такие острые вопросы, как финансирование науки — «у них» и «у нас» — приоритетность разных направлений, место советских ученых в мировом научном сообществе.

Публикуя (с незначительными сокращениями) перевод этой заметки, мы надеемся, что, несмотря на спорность некоторых ее утверждений, взгляд на академическую науку «со стороны» будет интересен многим. Возможно, среди читателей «Природы» найдутся желающие развить тему.

КАК ЧАСТО авторы статей в западных журналах ссылаются на работы советских ученых? В лучшем случае иногда. Многие на Западе считают советскую науку старомодной и увянувшей в болоте разрушенной экономики. И все же большинство из нас могут назвать одного или двух советских ученых в своей области, чья творческая работа привела западную науку к совершенно новым направлениям. В науках о Земле, например, это Д. С. Коржинский и его коллеги, использовавшие термодинамическую теорию для объяснения рудообразования и других геохимических процессов. Они пришли к этому на десятилетия раньше, чем западные геологи. В. И. Вернадский распознал биологический компонент геохимических процессов и роль радиоактивного тепла в геофизике задолго до того, как это сделали на Западе. Работает ли сегодня в Советском Союзе еще один Коржинский или Вернадский, еще не получивший признания за рубежом? Есть ли в советской науке что-нибудь, способствующее таким непредвиденным достижениям?

Прибыв в Москву на симпозиум по физико-химическим методам в петрологии, посвященный 90-летию со дня рождения Коржинского, мы получили приглашение в Институт экспериментальной минералогии (ИЭМ) в Черноголовке — некогда закрытом научном центре в 40 км от Москвы. Поездка туда стала возможной благодаря директору ИЭМа академику В. А. Жарикову. Наш визит

был особенно впечатляющим, поскольку 20 лет назад ИЭМ основал Коржинский, который и по сей день, как заметил Жариков, все еще служит «его вдохновением и совестью».

В ИЭМе мы не только увидели экспериментальное оборудование мирового класса, но и убедились, что здесь занимаются важной, обновленной наукой, которую было бы очень трудно финансировать на Западе. Дело в том, что советский способ оказания материальной поддержки науке заметно отличается от нашего, и если разобраться повнимательнее, то в нашу эпоху серьезной бюджетной напряженности, когда на Западе переосмысливается практика финансирования, много можно поучиться у Советского Союза.

В штате ИЭМа около 300 чел.; приблизительно 70 из которых — научные сотрудники. Большинство остальных — технический персонал, который повседневно работает с научным оборудованием и содержит его в исправности. В этом состоит главное отличие от Западной Европы, Японии и особенно Северной Америки, где исследователи и студенты выполняют функции технического персонала в гораздо большей степени.

В институте 9 крупных подразделений (лабораторий), каждым из которых руководит свой заведующий и главный научный сотрудник. В них ведутся исследования по магматизму, метаморфизму, гидротермальным процессам, метасоматизму, минералогии драгоценных камней, равновесию рудных минералов, мантийным процессам, физико-химическим и математическим методам. Две последние группы обслуживают также весь институт.

Лаборатория физико-химических методов имеет автоматический электронный микронзонд, сканирующий электронный микроскоп, оборудование для инфракрасной и лазерной рамановской спектроскопии, мессбауэровских и рентгенодифракционных исследований. Математическая группа управляет главным компьютерным центром ИЭМа и имеет связи с другими, более мощными, компьютерными системами. Инженерно-конструкторский отдел изготавливает экспериментальную аппаратуру для института, хотя большая часть электронного оборудования приобретает за рубежом. Кроме аппаратуры в отдельных лабораториях существует и централизованный «парк», в который входят гидротермальные автоклавы, газовые аппараты с внутренним нагревом и аппараты типа «цилиндр-поршень».

Мы прошли по многим экспериментальным лабораториям, включая хорошо защищенные от возможных аварий в экспериментах при высоких давлениях. Основная часть оборудования для изучения фазовых равновесий при высоких температурах и давлениях изготовлена в стенах института. Кроме общеизвестного экспериментального оборудования мы увидели аппарат типа «цилиндр-поршень» новой, многообещающей конструкции и алмазные наковальни для работы при сверхвысоких давлениях, установленные на рентгеновском дифрактометре. Количество и качество оборудования в ИЭМе поразили нас. Правда, общаясь с геологами из других институтов, мы поняли, что такое оборудование есть далеко не все-

де. Но важно уже то, что по крайней мере несколько институтов геологического профиля оборудованы, как западные.

Серьезное отличие советских научных учреждений от западных состоит в разделении исследовательской работы и обучения студентов. Отметим и крайне ограниченную возможность перемещения с научной на преподавательскую должность и обратно. Тем не менее нельзя сказать, что в ИЭМе не идет процесс обучения. Некоторые научные сотрудники ИЭМа успешно совмещают свою работу с преподаванием в МГУ, около десятка выпускников университета и аспирантов занимаются научной работой в ИЭМе. Сам Коржинский был превосходным педагогом, и многочисленных его ученики составляют основу петрологических кадров страны.

Большая часть средств института (около 2 млн руб. в год) поступает из Академии наук и расходуется на зарплату, хозяйственную деятельность и собственную исследования. Кроме того, 1 млн руб. выделяется дополнительно на те направления фундаментальных исследований, которые считаются актуальными, но не имеют непосредственного отношения к экономике (что-то похожее на финансирование «специальных тем» в Великобритании).

Научно-исследовательская работа планируется на 5 лет и осуществляется главным образом специальными группами, объединяющими сотрудников института, которые хотят работать по одному из проектов. Группу может возглавлять любой ученый независимо от должности. Некоторые группы состоят из сотрудников одной лаборатории, другие — пересекают межлабораторные границы. Нам рассказали, что более крупные группы обычно находятся в лучших условиях. Каждая группа составляет свой план работы и представляет его ученому совету, включающему всех ведущих и старших научных сотрудников ИЭМа. Совет назначает материальную поддержку каждого проекта, на его заседаниях обговариваются условия приема новых сотрудников, рассматриваются статьи, представляемые в печать.

На практике такая система финансирования означает, что ученые испытывают меньше «давления» в отношении мгновенных публикаций, чем на Западе, а контроль за научно-исследовательскими проектами осуществляется с меньшим пристрастием. Многие западные ученые, возможно, думают, что без такого конкурирующего «давления» отдельные исследователи станут менее активными. Вероятно, они будут доказывать, что большая часть «серых» исследований в определенных областях является результатом советской системы. Но мы убедились, что, даже работая в затруднительных обстоятельствах, лучшие из советских ученых столь же продуктивны и трудолюбивы, как и их западные коллеги.

Существует и другая сторона этого вопроса. Мы увидели несколько новаторских проектов, которые наверняка не выжили бы в условиях строгого рецензирования, регулирующего систему финансирования науки в США и Великобритании. До недавнего времени в этих странах положение с дотациями на исследования в области наук о Земле было таково, что действительно новаторские программы имели шанс на финансирование. Но возросшая в 80-х годах конкурентная борьба за убывающий бюджет привела к тому, что теперь требуется почти единодушное одобрение программы рецензентами. Так в процессе борьбы с «серыми» проектами ликвидируется основная часть истинно новаторских предложений, которые часто бывают слишком спорны, чтобы получить всеобщее одобрение. Большинство финансируемых программ составляют те, которые делают только один маленький шаг по пути, получающему в дальнейшем всеобщее признание. Во время наших встреч Жариков заострил внимание на том, что научная карьера Коржинского отличалась «новизной, новаторством и противоречивостью». Интересно, могли бы его исследования пройти через испытания западного рынка?

В рамках одного из впечатляющих научных проектов, разрабатываемых в ИЭМе, про-

водятся эксперименты по проницаемости горных пород. Многие геохимические процессы представляют собой результат взаимодействия горной породы и просачивающейся через нее флюидной фазы. Динамика этих процессов зависит, в первую очередь, от пористости и проницаемости пород. Хотя мы плохо изучили проницаемость таких пористых сред, как песчаники, почти ничего неизвестно о проницаемости глубинных пород *in situ*. В настоящее время сотрудники ИЭМа путем экспериментальных исследований пытаются восполнить этот пробел.

Почти любой петролог может сформулировать десяток потенциальных проблем в этой области. Например, нет уверенности в том, что геометрия каналов, проходящих вдоль границ зерен в образце породы, отобранной на земной поверхности, отражает действительную форму каналов породы, находящейся глубоко под землей (существует по крайней мере несколько факторов, которые могли бы существенно изменить их форму). Подобные неопределенности почти наверняка обрели бы на гибель предложения о проведении таких экспериментов на Западе. Сторонники западной системы финансирования, вероятно, станут утверждать, что результаты этих экспериментов не могут достаточно точно отражать процессы в земной коре и, следовательно, не представляют научной ценности. В этом утверждении есть, конечно, доля правды. Но в то же время в малоизученных областях и плохо контролируемые эксперименты обычно представляют ценность, даже если только показывают, как их следует проводить в дальнейшем.

В общем, у нас складывается впечатление, что, осознанно или нет, советская система организации науки допускает некую рутинную работу в надежде на неожиданное открытие. Мы же, на Западе, настолько заняты тем, чтобы финансы не расточались на непредсказуемые или явно слабые исследования, что нам часто не удается поддержать истинно новаторскую работу.

Мы высоко ценим свободу и мобильность западной

науки, тесную связь обучения с научно-исследовательской работой, удобства более эффективной экономической системы. Но и советская наука имеет свои сильные стороны. Их система финансирования институтов, выделяющихся своей исследовательской работой, распределение денег внутри института, а не присуждение грантов непосредственно исследователям позволяет ученым сконцентрировать всю свою энергию на научной работе, а не заниматься написанием программ. Молодым ученым легче получить поддержку для первого своего проекта. Промежуток в 5 лет, отводимый на многие научные проекты, позволяет вести исследования в новых областях, не слишком заботясь о получении немедленной компенсации.

Трудности, которые сейчас испытывает финансирование науки на Западе, постепенно «подкралась» к системе, которая не предназначалась для функционирования в таких суровых условиях. Мы осторожны в извлечении простейших уроков из знакомства с системой организации науки в СССР и

применений их к системам, существующим в США и Великобритании, хотя бы из-за серьезных различий в финансировании научных исследований в наших двух странах. К тому же переход от одной системы к другой, где средства перераспределяются, не может заменить высокий уровень финансирования. Но поскольку системы финансирования в наших странах сейчас пересматриваются, надо знать сильные стороны советской системы, способствующие развитию оригинальных исследований.

Специфика советской системы финансирования науки в какой-то мере определяет и ее издержки: невысокую эффективность, фаворитизм, застой. Но то же самое наблюдается и в нашей системе — взять хотя бы отток специалистов — юриспруденцию и банковское дело. В конце концов, нам, может быть, все еще нужно стараться не отстать от русских. Например, стремиться привлечь к естественным наукам лучших студентов, в дополнение к ежегодным выдавать субсидии на ис-

следования сроком на 5 лет и т. д. Помимо этого, следует ассигновать процент единовременного финансирования для научно-исследовательских учреждений.

В наше время, когда политическая карта Европы меняется на глазах, нам пора бы перестать жаловаться по поводу лабораторий, скрытых за «железным занавесом», и поддержать тех ученых, которые стремятся быть активными членами мирового сообщества. Вместо того чтобы отвергать их труды как заведомо прозаичные, мы должны научиться признавать, что внешне неторопливая наука иногда способна выдавать бесценные результаты.

Джордж В. Фишер

Отделение наук о Земле и планетах
Университет Джона Хопкинса
Балтимор (США)

Присцилла К. Грю

Геологическая служба Миннесоты
Университет Миннесоты
Сан-Паул (США)

Брюс Ярдли

Отделение наук о Земле
Университет Лидса
Лидс (Великобритания)

ИНФОРМАЦИЯ

Пониманию текстов на любом языке

(включая и иероглифические)

в любой области знаний

вас обучит

АСОЛИЯ

**Автоматизированная Система Обучения Лексике
Иностранного Языка**

на персональном компьютере РС.

АСОЛИЯ адаптируется к абоненту, гарантирует максимальную скорость обучения и (при необходимости) учит произношению. Поставляется на хозяйственной основе.

Справки и заказы по адресу: 226001 Рига, а/я 406, «АСОЛИЯ». Тел. 8-013-2321239.

Нужны ли природе болота?



«При составлении проектов не следует бояться коренного преобразования природы. Половинчатость невыгодна и некрасива. Если человек нарушил естественную прелесть природы, он должен заменить ее красотой и прочностью изделий своих рук» [Д. Л. Арманд. Наука о ландшафте. М., 1975]. Такой точки зрения придерживалось все человечество, пока не столкнулось с катастрофическими изменениями природы, вызванными разнообразными преобразованиями. Сейчас мы по большей части только перечисляем грехи прошлого и каемся в содеянном. Но и это уже благо, потому что заставляет задуматься общество и каждого в отдельности над результатами своих деяний, унять рвение дальнейших преобразований, чтобы сохранить то, что еще осталось.

Среди множества прошлых грехов — мелиорация болот, очень часто не обоснованная экономически, проведенная без какой-либо экологической экспертизы, не доведенная до завершения — введения в сельскохозяйственный оборот. Результаты не замедлили сказаться, но обернулись во многих местах отнюдь не красотой и прочностью. Болотоведы, начавшие бить тревогу еще в 60-х годах, кажется, переломили мнение о ненужности болот в их естестве.

В публикуемых здесь статьях специалисты из Карелии и с Украины рассказывают о болотах и их охране в этих так мало похожих одна на другую климатических зонах.

Г. А. Елина

Чтобы болота не стали пустошью



Галина Андреевна Елина, доктор биологических наук, заслуженный деятель науки КАССР, ведущий научный сотрудник лаборатории болотоведения Института биологии Карельского филиала АН СССР. Специалист в области болотоведения, биогеоценологии, ресурсо-ведения и палеогеографии голоцена. Автор многих научных работ, в том числе монографий: Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. М., 1981; Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии (в соавторстве с Кузнецовым О. Л. и Максимовым А. И.). Л., 1984; Многоликие болота. Л., 1987.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ природы, все более ускоряющееся, уже привело к коренному изменению многих ландшафтов. Этой судьбы не избежали и болота, масштабы мелиорации которых настолько велики, что вызвали значительные сдвиги в природных экосистемах многих регионов средней полосы и северо-запада Европейской части СССР. Вот примеры «благих» последствий мелиорации болот: их 2—3-метровый торфяной слой срабатывается до минерального грунта через 10—20 лет после осушения; в Белоруссии, а не где-нибудь в распаханной степи, случаются пыльные бури — в воздух поднимаются черные тучи пересушенного торфа; мелеют малые реки и ручьи — истоки крупных рек (правда, обмелению способствует также сплошная рубка леса и другие причины); снижается уровень грунтовых вод на прилегающих к осушенным болотам территориях; усыхают леса, сокращается генофонд болотных растений и количество перелетных птиц.

Нужно ли доньше доказывать пагубность необдуманной, лихорадочной мелиорации? Для здравомыслящего человека, пожалуй, достаточно и этих перечислений, но, к сожалению, в них сказано не все. Многие слагаемые естественных и измененных ландшафтов нельзя оценить в рублях, поэтому нельзя подсчитать общие экономические потери.

Более чем за 30 лет исследований болотных экосистем мне приходилось работать в разных регионах СССР, но большую часть — в стране озер и болот — в Карелии. За эти годы накоплены обширные данные о современном многообразии болот, закономерностях их функционирования, последствиях осушения. Обо всем этом и пойдет речь. Но прежде посмотрим, что же представляют собой болотные экосистемы как природные образования.

ЭКОСИСТЕМЫ, РОЖДЕННЫЕ ЛЕДНИКОМ

Болота — это экосистемы с характерным только для них водным режимом и своеобразным круговоротом вещества и энергии. Главная особенность, отличающая болотные экосистемы от всех других, — превышение накопления органического вещества над его разложением, и как результат — накопление торфа. Растения, вода и торф составляют нераздельное единство в болотах зон с гумидным климатом. Наиболее подходящие условия для образования и развития торфяных болот в таежной зоне, особенно много их в местах максимального оледенения — на равнинах северо-запада и северо-востока Европейской части СССР и в Западно-Сибирской низменности. Так что не только современные природно-климатические условия, но и историческое прошлое определяет степень заболоченности и интенсивности болотообразования.

Посмотрим на примере Карелии, какие факторы привели к высокой заболоченности ее территории. Предыстория болот началась 12 тыс. лет назад, когда ледник последнего (Валдайского) периода начал отступать, оставляя огромное количество воды, которое скапливалось в понижениях рельефа. Постепенно вода уходила в озера, моря, океаны. Но не вся, часть ее сохранялась в мелководных послеледниковых водоемах. Потепление, наступившее 9500 лет назад, и обилие воды были «пусковым механизмом», который дал толчок к образованию болот. Дальше процесс «покатился» со все убыстряющимся темпом, болота распространялись со средней скоростью 400 га/год и за 9500 лет заняли площадь 3,63 млн га, т. е. около 30 % территории.

В настоящее время в болотах Карелии запас воды составляет примерно 70 км³, т. е. столько же, сколько во всех малых озерах. Вода болот — это огромный, пока мертвый капитал, представляющий существенный потенциальный фонд будущего, когда еще острее станет нужда в пресной чистой воде. Другое богатство болот — торф, содержащий от 5 до 20 % органических и минеральных веществ. В болотах Карелии накопилось около 72 км³ торфа, его ценность и сейчас велика: это — удобрение для полей, подстилка для скота, торфодерновые ковры, торфяные горшочки для рассады и многое, многое другое. В первые годы советской власти и во время Великой Отечественной войны торф широко использовался как топливо в тепловых элект-

ростанциях. Но теперь ясно, что это слишком расточительно: комплексная переработка торфа экономически выгоднее его сжигания в 10 раз¹, а по исследованиям белорусских специалистов — даже в 15—30 раз. Достаточно сказать, что сухой сфагновый торф содержит 65—80 % полисахаридов, из разных видов торфа можно получить около 30 веществ: спирты, кислоты, эфиры, воски, парафины, белковые витаминные дрожжи, биостимуляторы роста растений и животных.

Фактически торфяная залежь — это архив истории за последние 10 тыс. лет, в котором заключена память о росших в лесах и на болотах деревьях, травах, мхах². Благодаря постепенности и непрерывности накопления торфа из него удастся извлечь ценнейшую информацию: состав растительности лесов и болот и последовательность их смен от времени отступления ледника до современности. А эти данные служат основой для реконструкции климата. Исходя из закономерностей природной среды прошлого, мы можем сделать (и делаем) прогноз будущих изменений, которые, в свою очередь, необходимы для долгосрочного планирования природопользования³.

Ядро растительного покрова болот составляют специфические растения, хотя встречаются и виды, свойственные также лесам, мелководьям озер и лугам. В болотных фитоценозах Карелии насчитывается 283 вида сосудистых растений и 109 листовостебельных мхов⁴, количество же лишайников, грибов и водорослей до сих пор не учтено, причем не только в Карелии, но и в целом — на болотах СССР. Не менее половины сосудистых растений обладают теми или иными полезными свойствами. Это лекарственные растения (багульник, вахта, горец змеиный); ягодные и витаминные (клюква, морошка, голубика, вороника); содержащие крахмал (тростник, кувшинка, сусак); красящие, дубильные вещества (вахта, лапчатка); ядовитые растения (вех, белокрыльник); декоративные (касатик, ятрышники, дербенник) и виды с ценным волокном. А многие из названных и не перечисленных совмещают ряд полезных свойств.

Болотные экосистемы столь же различ-

¹ Оленин А. С., Марков В. Д. Возвращенное богатство. М., 1988.

² Елина Г. А. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л., 1981.

³ Елина Г. А., Кузнецов О. Л., Максимов А. И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. М., 1984.

⁴ Флористические исследования в Карелии. Петрозаводск, 1988.



ны, как и природные условия, в которых они существуют. Даже в таком сравнительно небольшом регионе, как Карелия, расположенная лишь в двух географических подзонах тайги — северной и средней, только крупных типов болот — 13. Климат и гидрология — вот основные исходные факторы, определившие степень заболоченности и современную стадию развития болотных массивов, а рельеф «ведает» уже размерами, конфигурацией и степенью сложности их систем. В зависимости от преобладания тех или иных типов болот или их систем территория Карелии разделена на 6 болотных округов и 17 районов.

Прежде чем рассказать о некоторых наиболее распространенных или чем-то интересных типах, отмечу, что болота в своем развитии проходят три основные стадии, которые одновременно существуют и в про-

Алапа болота в центральной части северной Карелии. Здесь и далее фото М. И. Федорова.

странстве. Поэтому название стадии — одно из главных составляющих названия типа. Эвтрофные, или низинные, болота — самые богатые питательными веществами — образуются и существуют за счет обильного минерального питания и поступления грунтовых вод. Олиготрофные (самые бедные), или верховые, питаются только атмосферными осадками. Мезотрофные совмещают черты низинных и верховых.

Более всего в Карелии распространены олиготрофные болота (1,5 млн га), отличительная особенность которых — выпуклая поверхность и грядово-мочажинные комплексы в центре. Такие болота характерны для озерных равнин. Растительный покров их однообразен, а флористический состав



Пузырчатка средняя — насекомоядное растение, обычное на обводненных мочажинах и озерах алпа болот. Пузырчатка дополняет свой рацион животными белками: в мелкие ловчие пузырьки, которые во множестве имеются на подводных частях растения, попадают водные беспозвоночные и там перевариваются.

беден. Здесь типичны кустарнички (подбел, кассандра, вороника), пушица, шейхцерия, сфагновые мхи, изредка встречается низкорослая сосна. На грядах и по окрайкам болот часты заросли морошки, голубики, клюквы. В Прибеломорской низменности верховые болота занимают 70—80 % площади, над обширными равнинными торфяниками возвышаются лишь редкие варакки — невысокие скальные холмы, покрытые в основном лишайниковыми сосняками. По центральному плато этих болот тянутся гряды (с вереском, пушицей влагилицной, пухоносом



Касатик аировидный, или ирис желтый, — прибрежно-водное растение, но встречается и на обводненных низинных болотах. Касатик декоративен, а его корневище, называемое также ириным корнем, обладает лекарственными свойствами. Вид в «Красной книге Карелии».

дернистым, лишайниками), соединенные в причудливую сеть; между грядами — округлые или вытянутые озера, резко или постепенно переходящие в мочажины.

Прибеломорские болота находятся сейчас на последней стадии развития — дистрофной. Даже самые неприхотливые к питанию сфагновые мхи не могут жить в таких условиях и уступают место печеночным мхам и лишайникам, торф перестает нарастать, дернина живого покрова нарушается и начинается деградация. Со временем образуются эрозионные ручьи. Есте-

стенная эрозия поверхности — довольно типичное явление в прибалтийских болотах. Когда переполнявшая их вода уходит через образовавшиеся ручьи, вновь появляются условия для роста сфагновых мхов — торфообразователей. Такие циклы повторяются многократно, способствуя сохранению устойчивого равновесия болота и придавая ему черты живой экосистемы.

Верховые болота, с их кислым, бедным химическими элементами, разложившимся всего на 5—15 % торфом, — настоящие кладовые органики и чистой воды. Пройдя через сфагновый ковер, вода становится стерильной, поскольку эти мхи — хорошие антисептики: из загрязненной воды они удерживают даже тяжелые металлы (свинец, ртуть, кадмий). Являясь естественными фильтрами, верховые болота полезны везде, особенно вблизи поселений и в рекреационных зонах. Но этого не учитывают мелиораторы.

«Улучшение» болот, достигших последней стадии развития, приводит к их быстрой гибели, так как описанные выше циклы происходят в ускоренном и усиленном темпе. Верховые болота, осушенные в Прибалтике, становятся поистине бесплодными землями, памятниками бесхозяйственности.

Второе место по площади (945 тыс. га) занимает аапа болота, сосредоточенные в основном на моренных равнинах и в грядовом рельефе северной тайги Карелии и характерные также для всех Скандинавских стран. По типу питания это полный антипод сфагновым олиготрофным болотам — они существуют за счет поступления богатых минеральными элементами грунтовых вод. Здесь тоже господствуют гряды, мочажины и озерки, но растут не только эвтрофные, но и мезотрофные растения. На таких болотах можно увидеть самую мелкую орхидею — гаммарбию болотную (высота вместе с цветоносом около 20 см), орхидею без листьев (сапрофит) — ладьян трехнадрезанный, очень декоративные орхидеи — кокушник и несколько ятрышников, два вида росянки, пузырчатку, жирянку, тофиелидию маленькую, пухонос альпийский. Изредка встречается осока — очеретник бурый (*Rhynchospora fusca*), вид из «Красной книги СССР». Торфяная залежь аапа болот обычно низинная или переходная, из-за высокой обводненности осушение их затруднено. В них часто берут начало мелкие ручьи и реки, а сами болота, являясь богатыми водными резервуарами, участвуют в общем гидрологическом цикле региона.

К берегам рек и озер приурочены травяные эвтрофные и мезоэвтрофные болота с очень густым и высоким травостоем. Здесь у самой воды — заросли камыша, рогаза, тростника, хвоща, вахты, сабельника; выше доминируют осоки, горец змеиный и другие крупные травы. Эти болота более всего привлекают мелиораторов, но, поскольку их площадь в Карелии невелика, осушаются травяно-сфагновые мезотрофные типы. Из-за интенсивного осушения низинных и переходных болот южной Карелии велика необходимость включить их в объекты охраны: первых — как средоточие многих редких растений, вторых — как типичных представителей основных типов и вариантов.

Настоящий источник специфической флоры — это эвтрофные и мезотрофные лесные болота, питающиеся подземными водами, богатыми питательными веществами. В месте выклинивания болот часто образуются «ключевые» бугры, где находят пристанище такие растения, как камнеломка болотная, мытник царский скипетр, дремлик болотный, ятрышники. В древостое — сосна, ель, ольха черная, в подлеске — можжевельник, смородина черная, рябина, крушина. Лесных болот в Карелии всего 56 тыс. га, чаще всего они постепенно сменяются заболоченными лесами⁵ и поэтому, как правило, вместе с ними и осушаются. Понятно, что какое-то количество таких болот необходимо сохранить, так как они интересны не только своей уникальной флорой, но также своеобразной историей и специфичными торфяными залежами.

ЦЕНА МЕЛИОРАЦИИ

Приведенных данных уже вполне достаточно, чтобы счесть болота столь же ценными образованиями, как леса, реки, озера. До недавнего времени бытовало мнение (в том числе и среди производственников), что поскольку болот у нас много, а пользы от них почти нет, то и осушать их следует везде как можно скорее и как можно

⁵ В заболоченных лесах эдификаторами служат только деревья, а на лесных болотах — деревья и травы (или мхи). Если в лесах торфа нет и деревья уходят корнями в минеральный грунт, то на лесных болотах корневые системы пронизывают торфяную залежь, толщина которой не бывает меньше 0,5 м. Первые экосистемы функционируют по лесному типу, но в зависимости от комплекса факторов в дальнейшем могут превратиться или в болота, или обратно — в лес (незаболоченный). Вторые экосистемы функционируют по болотному типу. Вообще же в болотоведении до сих пор идет дискуссия о разграничении заболоченных лесов и лесных болот.

больше. Осушать действительно необходимо: стране нужен лес, новые площади для сельского хозяйства, удобрения для полей, сырье для химической промышленности.

К настоящему времени в Карелии осушено уже более 600 тыс. га, из которых две трети — болота, остальное — заболоченные леса. В южной и средней Карелии мелиорацией охвачено более половины (а местами 70—80 %) торфяно-болотного фонда, там осушены почти все доступные площади, т. е. территории вблизи населенных пунктов и дорог. Но освоена лишь небольшая часть (около 10 %) осушенных земель, на которых подготовлена почва для земледелия и посадки леса. К сожалению, нередко мелиорация ограничивается только прокладкой канав. А ведь она должна предусматривать повышение производительной силы земли и включать весь комплекс работ по осушению и до введения земли в хозяйственный оборот. На самом же деле расчет делается на то, что бывшие болота сами зарастут лесом.

Наши наблюдения показывают, что даже на болотах с низинным и переходным торфом древесной появляется очень не скоро и только в том случае, если на болоте или на границе с ним росли молодые плодоносящие сосны или березы. Чаще же обильно разрастается карликовая береза, образуя невысокий, до 1—1,5 м, плотный кустарниковый ярус, который препятствует прорастанию семян деревьев. На верховых открытых (ранее безлесных) болотах сосна не возобновляется и в течение 15 лет, а за это время канавы почти полностью утрачивают свое назначение (торф со стенок обваливается, отдельные участки русел зарастают, нарушая сток) и вновь начинается заболачивание. Но для полного восстановления разрушенной мелиорацией экосистемы нужны многие десятилетия.

Приведенная схема очень обобщена, к тому же подана в «черных» тонах. Нельзя сказать, что совсем не бывает «светлых» исключений, но поскольку это всего лишь исключения, приходится констатировать, что даже при сокращающихся темпах мелиорации (как это решено в республике) в ближайшем десятилетии в южной и средней Карелии — ее наиболее населенной части — естественных болот не останется, а большинство осушенных, но не освоенных никакой продукцией давать не будут. Мы потеряем неизмеримо больше, чем приобретем, даже при полном освоении и вовлечении осушенных болот в хозяйственный оборот. Но, судя по обстановке, этого в ближайшее время ожидать не приходится.

Что же происходит с осушенными, но не освоенными болотами и что мы теряем при этом? Прежде всего, прекращается торфонакопление, поскольку присущая им естественная растительность через несколько лет после осушения деградирует и болота превращаются в бесплодные пустоши. Значит, мы лишаемся и торфа, и растений, дававших прежде полезную продукцию (ягоды, лекарственное сырье). В денежном выражении мы можем оценить только потерю урожая полезных растений. Посмотрим, сколько мы теряем хотя бы на клюкве. Из 400 тыс. га осушенных болот не освоены примерно 300 тыс. га, из них около 10 % были хорошими ягодниками. При среднем минимальном урожае (в ресурсо-ведении — это обобщенный и несколько заниженный средний урожай в средних по качеству зарослях и в средний по урожайности год) клюквы, составляющем 50 кг/га, с 30 тыс. га мы получали бы ежегодно 1500 т ягод, а с учетом потерь — 750—1000 т. В пересчете на деньги это не менее 2—2,5 млн руб. в год. Но ведь к потерям следует прибавить и стоимость лекарственных растений, да и многое другое, не поддающееся экономической оценке: нарушение рекреационной и водорегулирующей значимости болот, замор рыбы и уменьшение ее запасов в малых реках вследствие увеличенного сброса в них гуминовых и других органических веществ, потерю части генофонда растений и стадий птиц и т. д. Необходимо помнить и о затратах на разведку болот, проектную документацию и само осушение болот. Экономические расчеты показали, что стоимость одних только ягод, полученных с естественных болот, в 3—10 раз выше, чем леса, выросшего после осушения.

Чем же объяснить, что хорошая идея мелиорации привела к таким просчетам? Почему осушаются не только заболоченные леса, переходные и низинные болота, но и верховые — совершенно непригодные для лесомелиорации на севере? Почему осушенные земли не осваиваются?

Причина современного неблагополучия в мелиоративном строительстве в Карелии (и, видимо, на всем северо-западе Нечерноземной зоны Европейской части СССР) в том, что мало учитывались природные особенности регионов. Изначально нельзя было относить к перспективным для осушения все низинные и переходные болота, которых в Карелии около 2 млн га, поскольку среди них много очень небольших и очень сильно обводненных (аапа). Опыт ме-



Естественная эрозия поверхности прибалтийских дистрофических болот. Мелиорация таких болот быстро приводит к их гибели, после осушения они становятся поистине бесплодными землями, памятниками безхозяйственности человека.

Мелиорации в средней полосе с ее крупными и компактными болотными массивами нельзя было безоглядно переносить на мелко-контурные карельские болота. Но их стали осушать, что называется, под гребенку. При том что в Карелии на небольшой территории чередуются разные типы экосистем, под осушение попали и заболоченные земли, и открытые верховые, и ягодные, и другие полезные в своем естественном состоянии болота.

На ошибках надо учиться, а не множить их. Необходимо провести инвентаризацию осушенных болот, оценить эффективность мелиорации и ее отрицательные

последствия. Нерентабельно осушать верхние сфагновые болота на севере таежной зоны, надо сохранить как можно больше разных типов и вариантов, оставить нетронутыми места гнездования птиц и обитания животных. Отдельные болота, особенно ягодные, следовало бы даже восстановить. Но самым правильным сейчас было бы полностью прекратить мелиорацию в южной и средней Карелии.

ОБРАЗЕЦ ОХРАНЫ

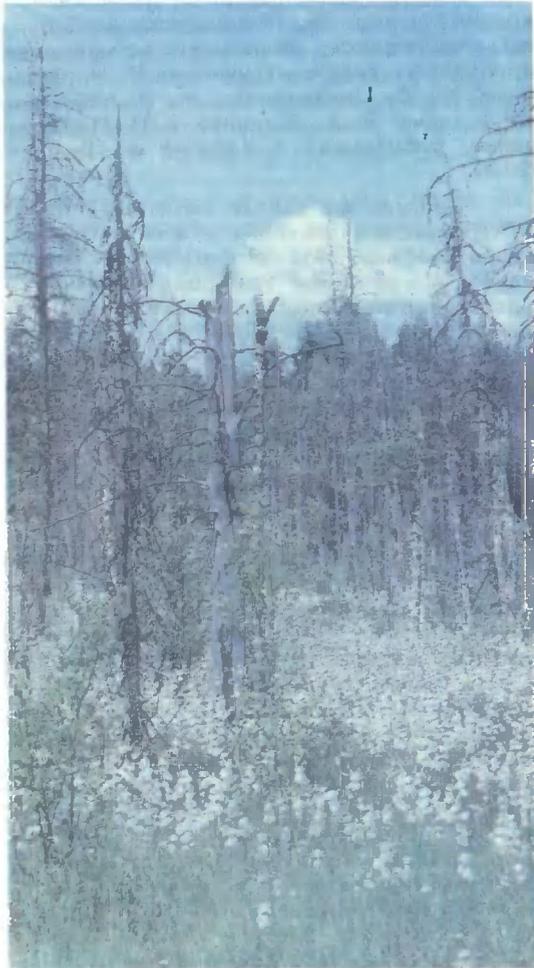
В настоящее время уже нет никаких сомнений в необходимости охранять болота. Для этого не нужно изобретать новые способы охраны, остается выбрать наиболее подходящий для конкретного региона. Заповедный режим, гарантирующий неприкосновенность всех ландшафтов, не может обеспечить охрану всего разнообразия бо-



Зарастающая магистральная канава — одна из многих, проложенных на болотных массивах Карелии. Осушение с помощью таких канав сказывается только в непосредственной близости, и там хорошо растут деревья, вдали от канав результаты осушения почти незаметны. Без надлежащего ухода даже широкие канавы начинают зарастать, и мелиорация сводится на нет.

лот, другое дело — заказники: в них категорический запрет мелиорации можно совместить с ограниченной хозяйственной деятельностью (например, сбором ягод и лекарственного сырья при строгом соблюдении правил эксплуатации зарослей).

В последнее время появилась еще одна, очень удобная форма охраны болот — исключение их из планов мелиорации. По мере накопления знаний какие-то болота перейдут в более высокий ранг охраны, другие будут использованы в хозяйстве для тех или иных целей.



Заросли пушицы многоколосковой и сфагновых мхов на заброшенной дороге, проложенной мелиораторами. Мхи удерживают воду в дернине, дренаж ухудшается, корни деревьев получают мало кислорода и постепенно погибают. Бывшая дорога становится новым центром заболачивания.

Как же обстоят дела с охраной болот в Карелии?

Три главные причины дают мне основание считать Карелию со столь парадоксальными «успехами» в мелиорации болот своего рода эталоном в их охране:

значительная заболоченность территории (около 30 %) с колебанием ее в отдельных ландшафтах от 10 до 70 %;

высокий уровень изученности болотных экосистем: их растительности, флоры, торфяной залежи, истории развития, динамики, структуры и функций;

наличие фактически единственной крупной и высококвалифицированной группы специалистов, принявшей эстафету от крупнейших советских ученых: В. Н. Сукачева, Ю. Д. Цинзерлинга, М. И. Нейштадта, а также Е. А. Галкиной и Н. И. Пьявченко, работавших в Карелии в 50—70-х годах.

Сколько же сейчас охраняется болот в Карелии и сколько их нужно сохранить, чтобы не нарушить экологическое равновесие, не обеднить генофонд растений и удовлетворить потребности населения в ягодах и лекарственном сырье? На сегодня охраняется 170 тыс. га, т. е. примерно 5 % всего болотного фонда: около 8 тыс. га находятся на территории заповедников — Кивач (средняя подзона тайги) и Каменозерского (северная подзона); 26 тыс. га — в специальных заказниках разных направлений; 136 тыс. га исключены из планов мелиорации.

В числе заказников — система болот в окрестностях д. Нюхча, которые относятся к типичным для Прибеломорской низменности системам олиготрофных и дистрофных (бедных и самых бедных) типов. В охраняемую территорию (3500 га) входят как болота, так и варакки — острова скальных сосняков, возвышающиеся над болотным «морем»; приручейные и приречные ельники; приморские луга, которые можно назвать памятью природы о позднеледниковом периоде — времени становления и формирования растительности. Только на побережье Белого моря встречаются растения-галофиты, приспособленные к постоянному засолению. Здесь и гляукс морской, чьи невысокие стебельки унизаны мелкими розовыми цветочками; и астра солончаковая, в период цветения украшающая луга шапками сиреневых соцветий. Есть подорожник и триостренник морские, солерос европейский, осенью расстилающийся ярко-красным, пылающим ковром на прилиторальной террасе.

3500 га охраняемой земли, конечно, не охватывают все типы болот, свойственные Прибеломорью. А ведь кроме них имеются уникальные ландшафтные комплексы, возникновение которых связано с Белым морем. Среди них — морские террасы, определившие возраст, тип и характер торфяной залежи, объекты, интересные для многих научных направлений: геоботаники, географии, геологии, маринологии и даже истории (на «бараньих лбах» Беломорья — скалах, окатанных ледником, археологи находят наскальные рисунки древних людей, живших 3—5 тыс. лет назад). Вся территория юго-

восточного Прибеломорья Карелии вполне может претендовать на статус длительно действующего заказника союзного значения, а с включением в зону охраны заливов и островов Белого моря — и на статус национального парка мирового уровня.

Из других заказников упомяну болото Чувнойсуо (1700 га) и систему болот Койвуламбисуо (1500 га), расположенные на Шуйской равнине (южная Карелия), которая формировалась в позднеледниковье и не раз фигурировала в научных изысканиях геологов, пытавшихся установить время соединения Ладожского и Онежского озер с Белым морем. Здесь с 1971 г. существует научный стационар (организованный Пьявченко), ставший исследовательским полигоном для ботаников и других специалистов.

Целевой заказник представляет собой и Сегежское болото (570 га) на самом юге Карелии, на границе с Ленинградской областью. На значительной его части растет крупноплодная форма клюквы с диаметром ягод около 15 мм и массой 1,6 г (обычно средний диаметр 10—12 мм, а масса 0,5—1 г). Урожай клюквы на Сегежском болоте в отдельные годы достигал 1000 кг/га и более.

В числе территорий, исключенных из планов мелиорации, 37 тыс. га болот с ягодными и лекарственными растениями. Около 70 % из них — олиготрофные и мезотрофные болота, тоже богатые ягодами: на сфагновых грядово-мочажинных комплексах минимальный урожай клюквы составляет 50 кг/га, морошки — 90; на сосново-сфагновых — по 150—250 и 150—200 соответственно; на гектаре мезотрофных травяно-сфагновых созревает около 300 кг клюквы. На каждом охраняемом тем или иным способом болоте ягодоносные заросли занимают не менее 15—20 %, а в среднем 35—40 % площади, есть и промышленные заросли лекарственных растений: вахты, сальника, росянки, орхидей и др.

Объекты научных исследований — это наиболее распространенные типы болот (эталоны), иногда их топо- и гидрологические варианты (97 тыс. га из 170 тыс. га охраняемых). Лучше всего в этой категории представлены олиготрофные (сфагновые: грядово-мочажинные и сосново-кустарниковые) и олигомезотрофные типы, хуже — прибеломорские системы и аапа болота. Будучи эталоном, каждое из болот характеризуется индивидуальными уникальными чертами. На одних, например, растут редкие виды, на других встречаются редкие растительные сообщества; есть болота

с особыми качествами торфяной залежи (видовой состав растений, минеральные примеси, степень разложения торфа и глубина залегания). Для науки особенно интересны болота с глубокой торфяной залежью, в которой представлена нетипичная смена торфов, редкие их виды или полный набор послеледниковых спорово-пыльцевых комплексов, используемых для реконструкции прошлой растительности и климата. Не менее значимы для науки болота, подстилаемые мощными слоями сапропеля и позднеледниковых озерных глин — по их разрезам реконструируется вся история голоцена. Это своеобразные геологические и исторические памятники.

Кроме того, многие болота влияют на

водный баланс окружающей территории, выполняя, таким образом, охранно-гидрологическую роль. Немаловажны лечебное значение (источники, торф, сапропель), рекреационное или учебное — как полигон для проведения экскурсий школьников, студентов, специалистов по охране природы.

Таково вкратце состояние болотных экосистем Карелии, где заболочено более 30 % территории и охраняется около 5 % всего торфяно-болотного фонда. Это больше, чем в среднем по стране (1,5 %), но, по расчетам, оптимальное количество первозданных охраняемых болот должно составлять не менее 15—20 %. К этому стремятся карельские болотоведы.

Т. Л. Андриенко

Беречь от себя и для себя



Татьяна Леонидовна Андриенко, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института ботаники им. Н. Г. Холодного АН УССР. Специалист в области геоботаники, болотоведения, охраны растительного мира. Автор ряда монографий. Возглавляет республиканскую секцию природно-заповедных территорий Украинского общества охраны природы.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ и облик болот, кажущиеся одинаковыми, на самом деле поражают своим разнообразием — вспомним моховые лесотундровые и таежные болота с корявой елью и сосной или заросли тростника в плавнях. Даже образование торфа, обычное в лесной и лесостепной зонах, в целом необязательно для болот: в южных регионах накопленное органическое вещество разлагается быстрее, чем в северных, и торф не отлагается, а в Арктике тенденция к его накоплению нарушается морозобойностью, снежной эрозией и другими причинами. Общее свойство болот, исключительно ценное для человека, — способность накапливать и удерживать воду и, как следствие, климаторегулирующая роль.

К сожалению, человек поздно оценил это ценное качество, почти два века назад его уже привлекала идея осушить болота, чтобы добыть топливо — торф. В нашем столетии бóльшим выигрышем казалось использование болотных массивов под сельскохозяйственные угодья, и началось массивованное наступление на болота. За два последних десятилетия в ряде районов СССР исчезло более половины болотных площа-





Олиготрофное болото Плотница [заказник в Житомирской обл.].

Здесь и далее фото К. Д. Стародуба.

Мочажина, поросшая белокрыльником болотным [гидрологический заказник Сомино, Ровенская обл.]. Почти все болота здесь мезотрофные; олиготрофные, свойственные северным регионам, занимают лишь небольшие участки.

Жирилка обыкновенная — редкое, исчезающее на Украине насекомоядное растение, которых в республике 11 видов. Коренное растение тундры и тайги, здесь оно встречается на заболоченных лугах и осоково-моховых болотах. На листьях, будто смазанных жиром [отсюда и название] листья имеют два типа железок: одни выделяют капельки слизи, в которой застревают насекомые, другие — протеолитический фермент, переваривающий животные белки.

Пальчатокоренник майский [одна из болотных орхидей] — декоративное и лекарственное растение. Встречается на травяных болотах, как и все орхидеи Украины [65 видов] внесена в Красную книгу республики.

Популяция меч-травы болотной на небольшом болоте возле с. Устя. Здесь это многолетнее высокое [больше 1 м] сизоватое растение с жесткими грубими листьями, зазубренными по краям, образует густые заросли, в которых нет других растений, но по периферии растет стелух ржавый.



дей, в Украинском Полесье, например, к 1983 г. осушено около 550 тыс. га болот, т. е. 60 % их территории. Многочисленные статистические данные свидетельствуют, что экономическая эффективность осушения очень низка, более того, осушительная мелиорация вызвала целый ряд негативных последствий, особенно в зонах недостаточного или неустойчивого увлажнения. Потери не только болота как природные образования, но и торфяные залежи. После осушения они быстро срабатываются, и чем южнее, тем интенсивнее: в Эстонии за год толщина торфа уменьшается в среднем на 2 см на пашне и на 1 см на луговых угодьях, в Белорусском Полесье — от 1 до 12 см (в среднем 2—3 см). Нелишне вспомнить, что слой торфа вырастает примерно на 1 мм в год, а залежь в 50—230 см формируется за 1000 лет.

При осушении торфяников нарушается водность рек, особенно малых; меняется режим и санитарное состояние речного стока, поскольку суммарный вынос минеральных солей в водоприемный водоем возрастает в 1,5—2 раза и более; с поверхностным стоком выносятся до 1,5 т органического вещества с гектара осушенного болота; за счет переосушения на ряде участков усиливается эрозия, заиливаются реки и озера.

Кажется, сейчас уже сломан стереотип, по которому болото — обязательное зло. Все чаще слышатся голоса: «Болота нужны, они сохраняют влагу и благоприятный климат». Но это о болотах вообще, а если они недалеко от жилищ — от них туманы, комары, не проехать, не пройти. Поэтому можно понять стремление избавиться от болота, осушить, освоить, окультурить. Медленно человек приходит к пониманию, что болота, при всех их неудобствах для человека, нужны и полезны ему же. Медленно, но приходит.

Я расскажу об их охране на Украине, где заболочено менее 2 % территории. В республиканском ранге у нас охраняется 112 тыс. га болот — почти 10 % их площади. Лишь небольшая часть (около 11 тыс. га) находится в заповедниках — Полесском¹ и Дунайских плавнях, в основном же болота охраняются в заказниках, среди которых есть и очень крупные (до 10—16 тыс. га), и совсем небольшие — до 1 га (таких особенно много в Карпатах). Некоторые болота, пока мало изученные, составляют объекты

местного, областного значения, около 15 тыс. га находятся на территории заповедно-охотничьих хозяйств. Таким образом, на Украине сформирована система охраняемых болот, органически вписавшаяся в общую природно-заповедную сеть.

Многие болота взяты под охрану по предложению и обоснованию сотрудников нашего института, проводивших работу по международному проекту «Телма» (с греческого — ил, болото), созданному в 1967 г. в рамках ЮНЕСКО, Международного союза охраны природы и Международной биологической программы. Через год по этому проекту стала работать советская группа специалистов, по прошествии нескольких лет составившая список уже охраняемых болот страны и тех, которые необходимо сохранить, — всего 305 болот площадью 1,5 млн га². Первой возглавила охранное направление на Украине Е. М. Брадис. Это было трудное время, когда слова в защиту болот вызывали насмешки, иронические улыбки и непритворное негодование. Как много ценных болот потеряно безвозвратно и для природы, и для науки! Нам, нынешним украинским болотоведам, ученикам Брадис, легче, мы встречаем уже понимание в своей все еще непростой работе.

В проекте «Телма» обоснована экологическая необходимость сохранить в первоначальном виде эталоны всех типов болот, так как трофические цепи, биогеоценотические связи специфичны в каждом из них. С ботанико-географических позиций на Украине можно выделить четыре типа: полесские, центральноевропейские (в западных областях Украины), лесостепные и степные. Полесские болота, среди которых преобладают осоково-гипновые и осоково-сфагновые, охраняются в Полесском заповеднике и нескольких заказниках; лесостепные — в заказниках Левобережья Днепра, где поймы, часто расположенные в долинах реликтовых рек, широкие и плоские; степные — плавневые болота — охраняются в заповеднике Дунайские плавни и Азово-Сивашском заповедно-охотничьем хозяйстве. Специфичные центральноевропейские болота (в основном осоково-гипновые, часто карбонатные), в которых преобладают осока Дэвелла (*Carex davalliana*), мечтрава (*Cladium mariscus*) — оба вида из «Красной книги СССР» — и схенус ржавый (*Schoenus ferrugineus*), лишь недавно вошли

¹ Подробнее см.: Андриенко Т. Л. Полесский заповедник // Природа. 1986. № 6. С. 36—40.

² Боч М. С., Мазинг В. В. Экосистемы болот СССР. Л., 1979.

в состав природно-заповедной системы Украины: в Малом Полесье (юг Ровенской области) организован Буцанский заказник.

Во флоре болот республики насчитывается 300 видов растений, около 270 произрастает на охраняемых территориях. Среди болотных растений 32 вида редких цветковых и 19 видов мхов, 22 вида занесены в «Красную книгу Украинской ССР». И почти все они растут на охраняемых болотах, не обнаружены пока с достоверностью тофиельдия кашецветная (*Tofieldia calyculata*), камнеломка болотная (*Saxifraga hirculus*) и жирянка альпийская (*Pinguicula alpina*), но мы ищем их, чтобы взять под охрану места их произрастания. Не исключено, что повторится история с меч-травой: искать придется долго, а находки, если обнаружатся, будут вне охраняемых территорий. На поиски меч-травы (ее материкового подвида), которая нередко встречалась ранее на обводненных болотах Малого Полесья и смежных территорий, ушло более 10 лет. Эти массивы в 50—60-х годах были осушены, и меч-трава пропала. Только на юге Ровенской области, у с. Устя, нашли две небольшие популяции и организовали там памятник природы. На этом болотце немало других ботанических редкостей: два вида осок, в том числе осока Дзвелла, росянка английская (*Drosera anglica*), жирянка обыкновенная (*P. vulgaris*), дремлик болотный (*Epipactis palustris*), пальчатокоренник майский (*Dactylorhiza majalis*) и др. Состояние популяций меч-травы внушает тревогу — они соседствуют с осушенными болотами. Недавно сотрудники Ровенского краеведческого музея обнаружили еще одну популяцию, но — на освоенном болоте.

Из-за избыточного увлажнения на болотах специфична не только флора, но и растительные сообщества. Типичные сообщества украинских болот тоже представлены на охраняемых территориях, имеются также 10 редких для УССР сообществ и два прибрежно-водных, включенных в недавно вышедшую «Зеленую книгу Украинской ССР», в которой перечислены и подробно описаны все редкие растительные сообщества республики. Мы считаем, что необходимо выявить редкие сообщества болот на всей территории СССР, чтобы обеспечить затем их сохранность.

Будучи ботаником, я все же не могу не упомянуть о животном мире. Работая в глухих болотных угодьях Полесского заповедника, мы видели тетеревов и глухарей, кормящихся ягодами. Эти северные птицы

редки на Украине, а в заповедных болотах они вылетают прямо из-под ног. В высокотравных лесостепных и степных болотах многочисленны мелкие воробьиные — трясогузки, варакушки; на стеблях тростника плетут гнезда камышовки; нередки цапли — серая, рыжая и белая, большая и малая выпи. Там, где среди болот есть водное зеркало, обитают чайки и крачки, собираются утиные стаи. Низшие животные, обеспечивающие существование высших и играющие важную роль в трофических цепях, на болотах особенно разнообразны. Редкие болотные обитатели — черный аист (*Ciconia nigra*), серый журавль (*Grus grus*), ходулочник (*Himantopus himantopus*), пеликан розовый (*Pelicanus onocrotalus*) — занесены в республиканскую Красную книгу. Среди болотных заказников есть четыре зоологических и даже орнитологические.

Но большинство охраняемых болот — гидрологические и ландшафтные заказники, созданные, чтобы сохранить природные компоненты, обеспечивающие экологическое равновесие, выравнять гидрологическую ситуацию — очень непростую в республике. Сколько болот надо сохранить, чтобы обеспечить экологическое равновесие? Какова должна быть оптимальная заболоченность? Гидрологи пока не могут дать точный ответ, скорее всего, оптимум должен быть свой в каждом регионе. По расчетам украинских болотоведов, оптимальная площадь болот в Украинском Полесье должна составлять 20—25 % от всего болотного фонда этого региона, а в лесостепи — 30 %. Реально ли это? По всей видимости, нет, ведь в настоящее время более половины болотных территорий уже осушено и процесс продолжается. А между тем болота на Украине не занимают и 2 % территории, а в Полесье — 6 (точнее, занимали — большей части их уже нет).

Оптимальные площади болот, которые следует сохранить, не установлены и не обоснованы не только на Украине, но и по всей стране; нет еще четких правовых и организационных основ деятельности заказников; недостаточно разработаны социально-экономические критерии значимости охраняемых территорий. Надежда на специалистов-болотоведов, на то, что знаниями о болотах — многоликих и многогранных экосистемах — они сумеют убедить общественность в необходимости сохранить часть их, не затронутую мелиорацией. В конечном счете человек охраняет болота от себя, но и для себя.

ХРИЗОЛИТ

В. М. Смертенко,
кандидат геолого-минералогических наук

НПО «Кварцсамоцветы» Министерства геологии СССР
Москва

КАМНЕМ - ТАЛИСМАНОМ августа геммологи избрали хризолит¹. Его название выводится из двух греческих слов: χρυσος — золото и λίθος — камень. Действительно, хризолиты наилучшего качества отличаются мягкой золотисто-зеленой окраской, так что распространившееся в некоторых странах, в частности в Англии, другое название камня — перидот — представляется менее удачным.

Кто никогда не видел ювелирного хризолита, может представить его цвет, посмотрев солнечным летним днем на желтоватую: зелень созревающего хлебного поля. Может быть, именно из-за цвета геммологи сочли этот камень наиболее близким августовской гармонии, краскам начинающей увядать растительности.

Хризолит относится к самоцветам, с которыми человек познакомился еще в глубокой древности. Этому способствовало то обстоятельство, что лучшее его месторождение находится на небольшом острове Зебергед в Красном море, у берегов Египта — в одном из основных районов добычи самоцветов в древнем мире². Зебергедский хризолит описан в «Естественной истории» Плиния Старшего (I в. н. э.), которую называют «первой энциклопедией самоцветов». Упоминается хризолит и в более ранних источниках, например в Ветхом завете, книги которого составлялись во II тыс. до н. э. Нет сомнений, что ювелирный хризолит, украшавший наряд первосвя-



© Смертенко В. М. Хризолит. Статья о хризолите помещена в этом номере, поскольку предыдущий целиком посвящен А. Д. Сахарову.

² Ферсман А. Е. Очерки по истории камня. Т. 2. М., 1961.

щенника Иудеи, был доставлен с недалекого о. Зебергед.

Ювелирные желто-зеленые камни, обнаруженные при археологических раскопках в Александрии, Иерусалиме, Гре-

ции и Иудее, были доставлены в Москву (Алмазный фонд СССР). Утраченная оправа этого превосходного хризолита восстановлена ювелирами Гохрана СССР В. Е. Жилиным и Г. Ф. Алексантимом.

Фото Н. Н. Рахманова.

ции, Италии происходят из того же месторождения. Это доказывает, что в античное время они широко распространялись в странах Средиземноморья. В средние века известность хризолиту создали крестоносцы: возвращаясь из походов, среди прочих трофеев они везли изысканные ювелирные изделия из золотисто-зелеными самоцветами. Однако месторождение на Зебергеде в то время уже не разрабатывалось. Лишь в начале XX в. оно было повторно открыто, и хризолиты оттуда вновь появились в странах Европы.

В Ведах (XI—X вв. до н. э.), где описано немало самоцветов из Индии и прилегающих к ней стран, хризолиты прямо не названы. Тем не менее можно предположить, что и в Южной Азии его месторождения были известны в древности — ведь в наше время из этого рано освоенного цивилизацией региона на мировой рынок поступает много хризолитов, в том числе и высшего качества. Вероятно, скромный желто-зеленый камень куда меньше тревожил воображение авторов древних литературных памятников, чем алмазы, рубины, сапфиры и прочие сияющие самоцветы, характерные для Юго-Восточной Азии.

Не повезло хризолиту и с названием: до конца прошлого века под этим именем скрывались самые разные ограненные камни желтого и зеленого цветов, не состоящие с хризолитом даже в отдаленном родстве. В их число попали зеленоватые и желтые топазы, бериллы, сапфиры, аквамарины, хризобериллы, везувианит. Интересно, что превосходные по своим ювелирным качествам зеленые гранаты — демантоиды, месторождения которых были открыты на Урале в XIX в., также продавались под названием «хризолит». И даже после того как в начале XX в. минералоги установили их природу, долго еще сохранялись рыночные имена демантоидов: «руссский хризолит», «уральский хризолит».

Удивительно, но в Каменном поясе Урала — камнесамоцветной провинции, уникальной даже по мировым меркам скопления хризолита не оказалось. Отечественный ювелирный хризолит появился лишь после

1954 г., когда были открыты кимберлитовые месторождения алмазов в Якутии. В последующие десятилетия благодаря работам нескольких экспедиций объединения «Кварцсамоцветы», выявлены месторождения хризолита и многочисленные его проявления едва ли не в самых безлюдных районах Сибири, разведаны месторождения и в других местах страны.

Ювелирный хризолит используют в виде ограненных вставок в изделиях из благородных металлов, главным образом золота. В дорогих старинных украшениях хризолит зачастую соседствует с бриллиантами — образцы таких изделий есть в Алмазном фонде СССР. Для прозрачных бездефектных кристаллов обычна фасетная огранка бриллиантовой формы, хотя возможны и другие виды огранки.

По своей потребительской стоимости хризолит довольно скромный самоцвет. Конечно, в периоды моды на зеленые драгоценные камни даже за сравнительно мелкие хризолитовые вставки платили солидные суммы, как это было, например, в странах Европы во второй половине прошлого и начале нынешнего века. Современная же конъюнктура хризолита низка: в литературе приводятся цены от 1 до 7 долл. за карат ограненных камней массой 3—5 кар., что ниже цен даже на такие распространенные самоцветы, как топаз, берилл и аметист.

Вместе с тем крупные, хорошо окрашенные кристаллы хризолита ценятся высоко, а выдающиеся по величине и ювелирным качествам экземпляры входят в элиту знаменитых геммологических коллекций мира. Самый крупный ограненный хризолит массой 310 кар. хранится в Смитсоновском институте в Вашингтоне. Камень очень хорошего качества массой 146 кар. выставлен в Геологическом музее в Лондоне. В Алмазном фонде СССР имеется великолепный оливиново-зеленый хризолит с нетрадиционной формой огранки. Размер наибольшего его сечения 5,2×3,5 см, высота 1,1 см, масса 192,75 кар. Этот уникальный по чистоте хризолит, входящий в число семи исторических камней Алмазного фонда, «родом» также с о. Зебергед.

Красиво окрашенный, прозрачный ограненный камень — хризолит — благородная разновидность такого известного породообразующего минерала, как оливин. Но, строго говоря, оливин — это не один минерал, а группа магнезиально-железистых силикатов довольно простого состава. Общая формула оливинов $R_2^{2+}[\text{SiO}_4]^{4-}$, где кремний и кислород образуют постоянный анионный радикал, а R_2^{2+} — двухвалентные катионы магния и железа, присутствующие в минералах группы оливина в разных соотношениях. Самый богатый магнием член этой группы — форстерит — содержит не более 10 % закиси железа (от суммы FeO и MgO). Наиболее железистый оливин (90 % FeO и выше) известен как фаялит.

Из всех промежуточных разновидностей для нас интересен лишь маложелезистый (10—30 % FeO) оливин — хризолит, являющийся ближайшим родственником ювелирного хризолита. Этот минерал непрозрачен и редко имеет красивую окраску, т. е. лишен основных достоинств благородного камня. Но по своей минералогической сути он идентичен ювелирному хризолиту.

Разный химический состав минералов из группы оливина сказывается на их физических свойствах. Например, удельный вес бедного железом форстерита — 3,2, а высокожелезистого фаялита — 4,3 г/см³, что близко к рекорду для породообразующих минералов. Удельный вес хризолита 3,3—3,5 г/см³.

Для геммологов, как известно, важен показатель преломления: от него зависит блеск и — косвенно — игра драгоценного камня. В оливинах показатель преломления также увеличивается с возрастанием железистости минерала: от форстерита (1,635—1,670), который по этой характеристике близок к топазу, до фаялита (1,835—1,886), сопоставимого с самыми высокопреломляющими разновидностями граната. У маложелезистого хризолита показатель преломления равен 1,642—1,682.

Наиболее интересное в геммологическом отношении свойство оливинов — цвет — также связано с содержанием закиси железа: для этой группы

минералов двухвалентное железо — если не единственный, то основной хромифор. Форстерит почти бесцветен, для хризолита характерны желтые и зеленые цвета, фаялит и другие высокожелезистые разновидности имеют темно-зеленую и даже зелено-черную окраску. Таким образом, определенное количество закиси железа в минерале и обеспечивает сочный, золотисто-зеленый цвет камня, за который ценится ювелирный хризолит.

Действительно, изучение состава ювелирных хризолитов из месторождений разного типа показало, что для них характерны сравнительно узкие пределы содержания FeO — от 7,5 до 13,5 %. Кроме того, в состав благородного оливина входят 39—51 % MgO и 40—45 % SiO_2 . Из примесей наиболее типичны Al_2O_3 , Fe_2O_3 , NiO , CaO (десятичные доли процента), а также Cr_2O_3 , TiO_2 , Na_2O , K_2O (сотые доли процента). Недавно установлено, что примесь никеля усиливает зелень хризолитовой окраски, делает ее более сочной. Вероятно, такую же роль играет классический хромифор — хром.

В окраске ювелирных хризолитов, как уже отмечалось, преобладают зеленые тона, но разная интенсивность цвета и разное сочетание зеленых, желтых и коричневых оттенков создают большое цветовое разнообразие камня. При этом даже на одном месторождении камни из разных частей продуктивных тел существенно различаются интенсивностью окраски и цветом.

Кристаллы хризолита, как и всех оливинов, имеют ромбическую симметрию, причем хорошо оформленные индивиды встречаются редко. Твердость хризолита невелика — 6,5—7 (по шкале Мооса). В этом отношении он уступает многим ограночным камням. Спайность несовершенная, поэтому камень не раскалывается при ударе на более мелкие фрагменты, что облегчает труд огранщиков. Однако вязкость и твердость кристаллов хризолита неодинаковы по разным кристаллографическим осям — это создает определенные трудности при обработке камня. Из-за хрупкости кристаллы хризолита не выдерживают

длительной транспортировки в водном потоке, так что достаточно крупные камни встречаются в россыпях лишь на небольшом удалении от коренного источника.

Одна из важнейших оптических характеристик любого кристалла — анизотропия (разница между показателями преломления света вдоль разных осей кристалла). Для хризолита она высока (0,4) и проявляется, в частности, в том, что через верхнюю горизонтальную грань камня можно разглядеть в лупу «сдвоение» ребер нижних граней. По этому признаку в ограненном камне безошибочно распознают ювелирный хризолит.

Оливин — основной минеральный компонент магматических пород ультраосновного состава. Существенна его доля в базальтах и некоторых габбро. Более того, 85 % верхнего слоя мантии Земли, во много раз превосходящего по объему земную кору, также сложено оливином. Однако, несмотря на столь широкую распространенность оливина в верхних оболочках Земли, месторождения благородных его разновидностей столь же редки, как и месторождения самоцветов, представленных акцессорными минералами — топазом, бериллом, корундом, цирконом. Нельзя не согласиться с утверждением, что «хризолит может быть примером исключительной редкости ювелирных разновидностей широко распространенного минерала»³.

Чтобы родился любой ограночный камень, который можно использовать в его естественном виде или после соответствующей обработки, должно быть соблюдено несколько условий. Прежде всего минерал должен обладать определенным составом, обеспечивающим яркий, привлекательный цвет — первое и, может быть, главное качество благородного камня. Минеральные индивиды должны расти при таких физико-химических параметрах среды, которые позволили бы сформироваться совершенной кристаллической решетке, обеспечивающей прозрачность благородного камня — второе главное свой-

ство. После рождения совершенный кристалл надо уберечь от разрушения при метаморфизме и других геологических процессах. И наконец, содержащие самоцвет породы должны быть готовы «растаться» с ним, т. е. иметь такую структуру, чтобы камень можно было извлечь неразрушенным. Для хризолита последнее условие выполняется далеко не всегда, поскольку в содержащих его рудных телах обычно нет полостей для свободного роста кристаллов. Извлечение же хрупкого камня из плотной породы сопряжено с большими трудностями, а часто и невозможно.

Чтобы отыскать скопления самоцветов, пригодные для разработки, требуется не только высокая квалификация геологов, но и просто удачливость. Все эндогенные месторождения ювелирного хризолита связаны с ультраосновными и основными магматическими породами, выделяющимися среди прочих высоким содержанием железа и магния и низким — кремнекислоты. Всего известно четыре формации, материнских для месторождений благородного оливина: кимберлитовая, ультраосновных щелочных пород, гипербазитовая и базальтовая. Все они имеют глубинное происхождение, источником вещества для них служила верхняя мантия. И все же с каждой формацией связан свой промышленно-генетический тип месторождений хризолита.

Наиболее масштабны месторождения в алмазоносных кимберлитах, где хризолит соседствует с «королем самоцветов» — алмазом. Здесь же встречаются темно-красный пироп и оранжевый гиацит. Продуктивные тела этих месторождений — трубки взрыва, заполненные в разной степени передробленными кимберлитовыми породами. На долю не имеющего ценности породообразующего хризолита приходится иногда до 30 % порфировидных выделений в кимберлитах. Ювелирный же хризолит представлен куда более скупо. Размер его прозрачных порфировидных выделений от 0,5 до 10 и даже 15 мм.

Принято считать, что кристаллы ювелирного хризолита сформировались еще в магмати-

³ Петров В. П. Рассказы о драгоценных камнях. М., 1985.

ческом очаге, были изначально прозрачны и в таком виде сохранились после быстрой кристаллизации расплава в трубках взрыва. Но некоторые специалисты убеждены, что оливин приобрел свои благородные качества — бездефектность и прозрачность — лишь при посткристаллизационном преобразовании кимберлитов. В дальнейшем, оказавшись у земной поверхности, кимберлиты подверглись химическому и прочим видам выветривания. Сцепление зерен в породе ослабло. Появилась возможность извлекать ювелирный хризолит (как и алмаз) простым дроблением пород.

Кемберлитовые месторождения Якутской и Южно-Африканской алмазоносных провинций обладают наиболее солидными запасами хризолита. Попутно с алмазами его можно было бы добывать в очень больших количествах. Но, к сожалению, это мелкие ограночные камни, среди которых ярко окрашенные крупные кристаллы относительно редки.

Сравнительно недавно хризолитоносные жилы обнаружены в многофазных интрузиях ультраосновных-щелочных пород и карбонатитов в Красноярском крае. Ультраосновные породы, в том числе и продуктивные оливиниты, слагают центральные части этих округлых в плане массивов. Ювелирный хризолит содержат рассекающие оливиниты жилы, сложенные оливином и флогопитом. Длина жил 10—50 м (иногда до 300 м), мощность от 0,1 до 3 м. Их образование связывают с воздействием на оливиниты гидротермальных растворов, которые отделились от более молодых щелочных интрузий, «окольцевавших» массивы ультраосновных пород. Просачиваясь по трещинам, они переработали исходные оливиниты во флогопит-оливиновые породы, а затем облагородили часть оливина до ювелирного хризолита.

Еще один тип месторождений хризолита — серпентинитовые прожилки в дунитах и перидотитах, слагающих гипербазитовые массивы. Кристаллы ювелирного хризолита из этих месторождений выделяются крупными размерами и сочностью окраски. К гипербазитово-

му типу относится знаменитое месторождение на о. Зебергед, а также месторождения в Афганистане, Танзании и Бирме, составляющей сейчас на мировой рынок лучшие зеленые хризолиты. Впрочем, в Бирме и Танзании хризолит добывают не из коренных тел, а из россыпей.

В нашей стране поиски велись в гипербазитовых массивах Восточных Саян. Но здесь слишком мало бездефектных кристаллов в коренных телах и нет подходящих условий для образования россыпей. Так что данные проявления хризолита не стали промышленными.

Месторождения хризолита в базальтах повышенной целостности относительно просты по своему геологическому строению и связаны исключительно с молодыми (неоген-четвертичными и четвертичными) вулканическими образованиями. Продуктивные тела этих месторождений — отдельные потоки лавовой толщи и столбообразные тела (жерла палеовулканов), базальты которых содержат характерные включения перцолитового состава, так называемые нодулы. Последние имеют округлую форму (отсюда другое их название — «оливиновые бомбы») и сложены кристаллическими зернами энстатита и хризолита, среди которых встречаются зерна авгита и хромдиоксида. Зачастую все эти минералы полупрозрачны или прозрачны, поэтому образцы темного базальта с вкрапленными зелеными просвечивающимися минералами сами по себе очень декоративны. Нодулей в базальтах чрезвычайно много, но лишь на отдельных участках, где зерна перцолитов достаточно велики, встречаются хризолиты, пригодные для огранки.

Кора выветривания на плато молодых базальтов обычно развита слабо. Поэтому извлекать ювелирный хризолит из гребозернистых перцолитов, «впаянных» в плотные базальты, механическими способами не удается. Одиночные крупные камни можно, конечно, выпиливать, но это занятие для коллекционеров. Таким образом, коренные месторождения хризолита в базальтах практически значения не имеют.

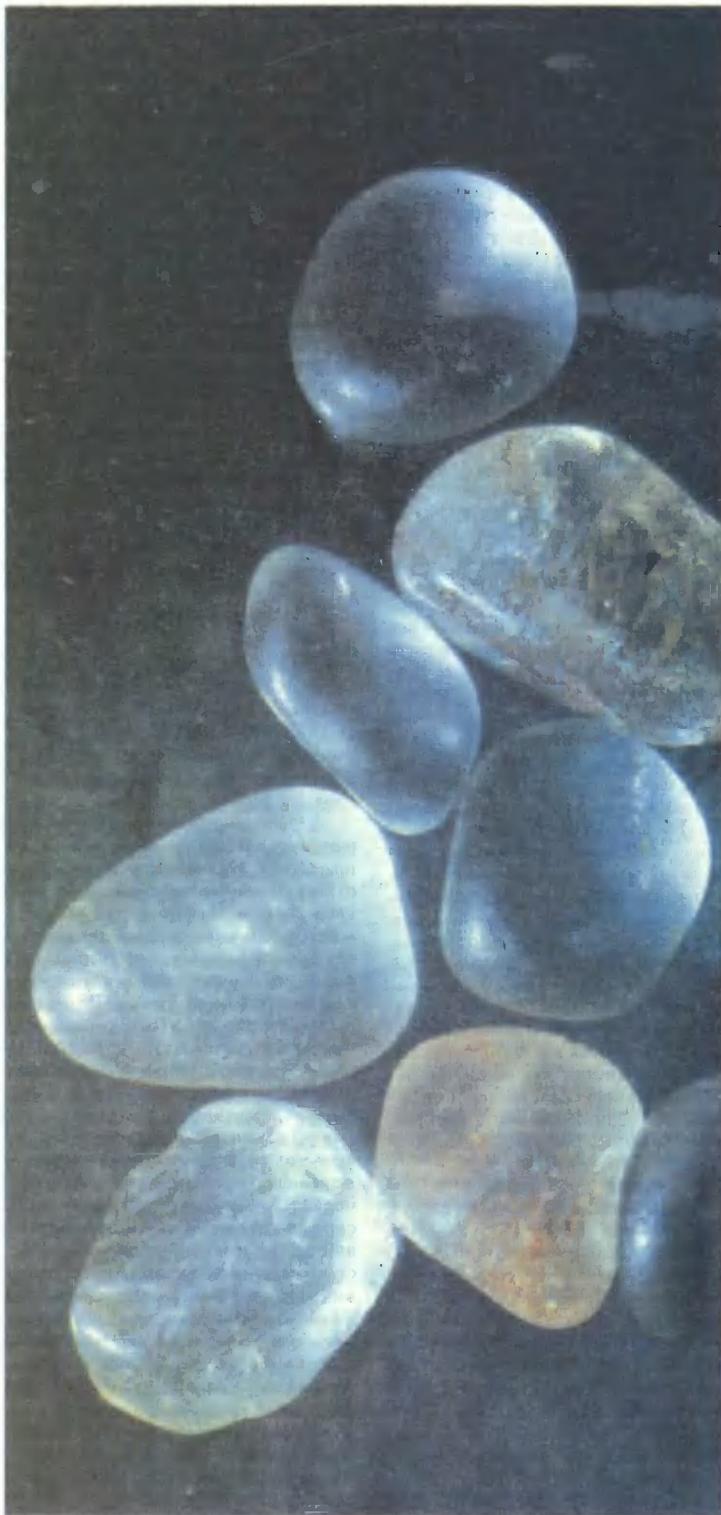
Но даже при отсутствии

четко выраженной коры выветривания природе удается «вышелушивать» нодулы из базальта, отделять зерна перцолитов друг от друга и образовывать россыпи ювелирного хризолита. Однако промышленный являются только элювиальные и элювиально-делювиальные слабоперемещенные россыпи, в которых хрупкие кристаллы хризолита не измельчаются.

Месторождения хризолита в базальтах встречаются, пожалуй, чаще, чем все прочие. Они известны в США, Китае, Монголии, Австрии и даже Антарктиде. В нашей стране имеется пока одно такое месторождение — на границе Якутии и Амурской области, но в Сибири и на Дальнем Востоке известны многочисленные проявления такого типа. Интересно, что хризолит найден в продуктах извержения современного вулкана Авача.

В целом месторождения в базальтах, уступая кимберлитовым по масштабам, отличаются высокими декоративными качествами камня, насыщенностью золотисто-зеленой его окраски. Масса отдельных хризолитов из базальтов после огранки достигает 20 кар.

Заканчивая небольшой рассказ об августовском камне придется, к сожалению, на грустной ноте. Дело в том, что хотя в нашей стране есть немало месторождений этого самоцвета, заполучить его советский человек не имеет практически никаких возможностей. Происходит это потому, что отечественная промышленность в условиях очень высокого спроса на любые ювелирные изделия не очень-то жалуется природные самоцветы — значительно проще вставлять в кольца, серги и кулоны технологичные в обработке синтетические камни. А поскольку нет спроса на сырье, не разрабатываются открытые геологами месторождения благородного оливина. И это очень огорчительно. Ведь в древности хризолит ценили не только за его ювелирные качества — ему приписывали магическую способность предохранять владельца от незваных гостей и отгонять от него дурные сны. В наше смутное время такой талисман пригодился бы многим.



САПФИР И ЛАЗУРИТ

Б. Д. Эфрос

Ленинградская организация Всесоюзного минералогического общества АН СССР

Л. И. Третьякова,
кандидат геолого-минералогических наук

Ленинградский горный институт

КРАТКИЙ список синих самоцветов, на которые природа оказалась исключительно скупа, по праву возглавляют сапфир и лазурит. Эти редкие минералы, известные как камни сентября, высоко ценились еще в глубокой древности.

У разных народов в различные исторические периоды их называли по-разному, однако в Средиземноморье на протяжении длительного времени под сапфирами подразумевали все синие камни. Окончательно название «сапфир» было закреплено за прозрачной синей разновидностью корунда только в середине XVIII в. Оно прослеживается от аккадского «ципру» (которое употреблялось в широком значении «драгоценность») через арамейское «шавзиз» и древнееврейское «сапир» (означавшие «светящийся», «блестящий») к греческому *σαπφειρος* и латинскому *sapphirus* («синий ценный камень»).

Большинство геммологов полагают, что «сапфир» в Библии, а также у Теофраста, автора наиболее древней из дошедших до нас работ о камнях, и Плиния Старшего, создавшего знаменитую «Естественную историю», означает не что иное,

© Эфрос Б. Д., Третьякова Л. И.
Сапфир и лазурит.

Лейкосапфир. Аллювиальная галька [максимальный размер 10 мм]. Шри-Ланка.

как лазурит. Плиний пишет: «In sapphiris enim aurum punctis collucet caeruleis» — «В сапфире поистине золотые точки сверкают на синем», подчеркивая характерную черту бадахшанского лазурита с вкраплениями пирита.

Лазурит почитали еще во времена шумеро-аккадской цивилизации (IV—II тыс. до н. э.), отличали от других ценных камней и называли «укну». Современные названия: «лазурит» — для минерала и «ляпис-лазурь» — для породы, содержащей кроме лазурита кальцит, диоксид, пирит и другие минералы, — происходят от персидского «ладжуар», арабского «лазувард» и итальянского «lapis-lazuli». Общим для них является арабское «азул» — «синее небо». Интересно, что с названием реки Ляджуар-дара связано повторное открытие в 1930 г. памирского лазурита.

В «Календаре камней», принятом в 1968 г. Международной ассоциацией ювелиров, камнем сентября определен сапфир. Но и лазурит, внесенный в календарные списки советскими ювелирами¹, мог бы занять это почетное место в силу своей исключительной роли в истории культуры. Однако ассоциация отстаивала коммерческие интересы: сапфир входит в число драгоценных камней I порядка — наряду с алмазом, изумрудом и рубином. Цены на ювелирный сапфир достигают для крупных камней не очень густой равномерной синей окраски 2000 долл. за карат.

Первые кристаллы и окатанные гальки сапфира были, вероятно, обнаружены в речных песках и россыпях на севере Индии, на о. Шри-Ланка и в Индокитае. Находки примитивных горняцких инструментов каменного и бронзового веков в местах современных разработок в Могокском районе Бирмы свидетельствуют о тысячелетней жизни источников драгоценных камней и непоколебимой любви к ним человека.

¹ Здорик Т. Б. Камни и календарь // Природа. 1990. № 1. С. 36—39.

Сапфир. Идиоморфный монокристалл (высота 21 мм). Шри-Ланка.



Первобытные люди использовали самоцветы в качестве украшений, талисманов и амулетов. Обычай украшать выпукло отшлифованными цветными камнями столы, троны, кубки и чаши для омовений зародился, по свидетельству Страбона, у индусов, затем перешел к диадохам, а от них в Рим. Распространение в Древней Греции восточных сапфиров, рубинов и алмазов — прямое следствие завоеваний Александра Македонского, главным образом, результат его похода в Индию в 327 г. до н. э. и установления торговых путей из Индии в Средиземноморье, имевших немалое значение и в римскую эпоху². Однако расцвет торговли индийскими самоцветами, в том числе и сапфирами, наступил в Европе лишь в середине века. А в первой половине XX в. стоимость сапфиров, добытых на известных с древности и новых месторождениях Индии, Шри-Ланки, Бирмы, Таиланда, Камбоджи, США, Австралии и др., составила около 20 % стоимости всех добытых в мире драгоценных и поделочных камней (не считая алмаз и жемчуг)³.

Это ли не свидетельство популярности чарующего синего самоцвета в наше время! Что же говорить о глубокой древности, когда камень наделялся сверхъестественной силой? Недаром сапфир — камень мудрости и созерцания — греки посвятили Зевсу, а римляне — Юпитеру. Из-за высокой твердости сапфир редко использовался для изготовления гемм, чаще в форме кабошона его вставляли в кольца. Вспомним завораживающий рассказ восточного владыки и внимающую ему Суламифь: «Сапфиры походят цветом на васильки в пшенице, другие — на осеннее небо, иные — на море в ясную погоду. Это камень девственности — холодный и чистый. Во время далеких и тяжелых путешествий его кладут в рот для утоления жажды. Он также излечивает проказу и всякие злые наросты. Он дает

ясность мыслям. Жрецы Юпитера в Риме носят его на указательном пальце»⁴.

Но не только восточные цари ценили синий самоцвет. Сохранилось живое свидетельство английского посла Дж. Горсея о сокровищах Большой Шкатулки и рассуждениях Ивана Грозного, сопровождавших показ драгоценностей: «Я очень люблю сапфир. Он хранит и углубляет мужество, веселит сердце, радует все чувства и особенно превосходит для зрения. Он очищает глаза, уничтожает в них кровавые пятна, укрепляет их мускулы и нервы»⁵. Перечисляя знаменитые российские камни, Р. Браунс в книге «Царство минералов» упоминает прекрасный сапфир в ризе Казанской Божьей Матери в Санкт-Петербурге и представляющий всемирную известность сапфир в брошке великой княгини Александры Иосифовны. В Алмазном фонде СССР можно увидеть великолепный цейлонский сапфир в 200 кар., помещенный между бриллиантовым крестом и золотой сферой державы, изготовленной для коронации Екатерины II.

Уникальные сапфиры есть и среди драгоценностей Британской короны. Самый древний из них — «Сапфир Святого Эдуарда» — помещается в центре креста, а «сапфир Карла II» — на тыльной стороне короны. В Музее естественной истории в США хранится крупный звездчатый сапфир с Цейлона (5,63 кар.), названный «Синей звездой Индии».

Естественно, самые прекрасные камни становятся достоянием государственных сокровищниц и музеев, казны и дворов. Остальным любителям сапфиров приходится довольствоваться рядовыми камнями, поступающими на мировой рынок. А поскольку на нашем внутреннем рынке таковые отсутствуют, следует совершить путешествие хотя бы в Таиланд. По свидетельству Б. Шнайдера, ежегодно Бангкок наводят 2 млн туристов, многие из ко-

торых устремляются в мастерские, где «полуобнаженные ремесленники придают искру сапфирам и сапфирам, доставленным контрабандистами из Бирмы»⁶.

Сапфир — разновидность корунда — представляет собой оксид алюминия (Al_2O_3). Ныне к сапфирам относят не только голубые или синие корунды, но и более редкие зеленые, желтые, фиолетовые, бесцветные и другие их разновидности. Окраска сапфиров обусловлена примесными ионами (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Ti^{3+} , Ti^{4+} , Cr^{3+} , V^{3+}) и так называемыми дырочными центрами (O^-). Различные их сочетания приводят к огромному разнообразию окрасок и оттенков сапфиров⁷. Например, окраска синих сапфиров связана с присутствием в структуре минерала ионов Fe^{2+} , Fe^{3+} , Ti^{4+} ; желтых — Fe^{3+} в сочетании с дырочным центром O^- ; оранжевых — Cr^{3+} и дырочного центра O^- ; золотистых — Fe^{3+} , Ti^{3+} ; зелено-желтых — Fe^{2+} , Fe^{3+} , Ti^{3+} , Ti^{4+} ; фиолетовых — Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Ti^{4+} ; синезеленых — Fe^{2+} , Fe^{3+} , Ti^{3+} , Ti^{4+} .

Кристаллы сапфира относятся к тригональной сингонии. По твердости сапфир уступает только алмазу. Плотность — 3,96—4,1 г/см³. Показатели преломления по основным кристаллографическим осям — 1,768 и 1,760. Дисперсия (разность между показателями преломления двух различных длин волн) — 0,018, тогда как у алмаза — 0,044. Этим объясняется более слабая «игра» ограненного сапфира по сравнению с бриллиантом.

Почти всегда в сапфирах обнаруживаются следы их кристаллизации из сложных по составу растворов в виде твердых, жидких или газовых включений, причем по характеру включений можно распознать сапфиры из различных регионов. Так, бирманские — благодаря присутствию рутиловых нитей отличаются шелковистым блеском. Для цейлонских — характерны «пе-

² Левек П. Эллинистический мир. М., 1989.

³ Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н., Гаврилов А. П. Геология месторождений драгоценных камней. М., 1982.

⁴ Куприн А. И. Суламифь / Куприн А. И. Собр. соч. М., 1958. Т. 4. С. 291.

⁵ Дав В. Н. Аметист лихих думы отгоняет. Мурманск, 1981.

⁶ Шнайдер Б. Золотой треугольник. М., 1989.

⁷ Платонов А. Н., Таран М. Н., Балицкий В. С. Природа окраски самоцветов. М., 1984.

рья» жидких включений материнского раствора, округлые кристаллы циркона, а также трехфазные включения из жидкости, подвижного газового пузыря и кристаллов гематита или другого минерала. «Перья» в кристаллах из Таиланда напоминают иероглифы. Мельчайшие жидкие включения в кашимирских сапфирах придают им своеобразную молочность.

Исключительно высоко ценятся сапфиры с оптическим эффектом «астеризма» и «кошачьего глаза». Эффект астеризма — яркой симметричной шестилучевой звезды — обусловлен отражением световых лучей от микроскопических игольчатых включений рутила или трубчатых пустот, ориентированных перпендикулярно вертикальной оси кристалла и под углом 120° друг к другу, т. е. по трем направлениям. Если включения ориентированы по одному направлению, возникает эффект переливчатости, именуемый «кошачий глаз».

Синтез сапфира, как и рубина, успешно освоен⁸. Отличить природные сапфиры от синтетических можно по характеру включений и особенностям зон роста кристалла. Но наиболее надежно оно проводится по спектру диффузного отражения или пропускания в видимом диапазоне спектра. Для природных синих сапфиров характерна полоса около 450 нм, а для их синтетических аналогов — 410 нм.

Лазурит, ценность и красоту которого составляет глубокий синий цвет, был едва ли не самым любимым камнем в древнейших цивилизациях Месопотамии, Индии и Египта. Темно-синие камни с вкраплениями золотистого пирита, напоминающие звездное небо, традиционно почитали в арабских странах и Китае.

На протяжении тысячелетий единственным источником лазурита являлось бадахшанское месторождение, расположенное в труднодоступных горах Восточного Гиндукуша, на северо-востоке современного Афганистана, — ныне оно известно под названием Сары-Санг. До

1973 г. разработка его находилась в ведении королевского двора. На рубеже XVIII—XIX вв. добыча лазурита составляла 3,2 т в год, а в 1960—1967 гг. колебалась в пределах 2,8—10 т в год⁹. Надо полагать, что в древности его извлекали гораздо меньше, а в отдельные, беспокойные, периоды добыча вовсе прекращалась.

Нашествия прерывали тонкие нити караванных путей, память народов восстанавливала их снова. В городах-государствах Двуречья, очевидно, хорошо знали эти пути. И в поэме об Энмеркаре, — легендарном царе Урука, и в эпосе о Гильгамеше и Энкиду, и в других литературных памятниках Шумера и Вавилонии лазурит из Бадахшана упоминается неоднократно. Так, лазуритовые бусы украшали богиню шумеров Инанну на ее пути «с великих небес к великим недрам». Но и в дошумерский период, как свидетельствует культура Эль-Обейда, женщины Южной Месопотамии носили бусы из лазурита.

При археологических раскопках города Ура на Евфрате Л. Вуллей обнаружил царские гробницы, в одной из которых находились украшения женского головного убора, и среди них — три шнура из удлиненных лазуритовых и сердоликовых бусин с подвесками в виде золотых колец и листьев, а также гребень, украшенный золотыми цветами и инкрустированный ляпис-лазурью¹⁰. Важной была и находка так называемого «шандарта» — двух деревянных пластинок длиной 55 см и шириной 22,5 см, покрытых лазуритом с перламутровыми инкрустациями, отражающими разные сцены из жизни шумеров.

Древняя культура Месопотамии подарила миру замечательные памятники глиптики: зооморфные и розеткообразные штемпельные печати, цилиндрические печати с изображением человекобыка, мифологическими сценами, сценами

охоты и повседневной жизни. Есть среди печатей и вырезанные из лазурита.

Изысканным художественным вкусом отличаются изделия из лазурита, созданные египетскими резчиками. В Эрмитаже хранятся сидящие фигурки людей и другие замечательные образцы глиптики. Этот синий камень считался в Египте одним из наиболее дорогих. Не случайно нахождение его и среди магических амулетов, и в инкрустациях различных предметов, составивших сокровища гробницы фараона Тутанхамона (XIV в. до н. э.).

Рушились царства, сменялись династии, Бадахшан переходил из рук в руки, а синий камень продолжал свою жизнь. Его вывозили на юг через Бухару, Мерв, Нишапур — ко двору Сасанидов, на восток через Бухару, Кашгар, Хотан — в Китай, Тибет и Монголию. У Э. Шефера мы находим интересные страницы, посвященные отношению к лазуриту в этих странах¹¹. Над тронном Хосрова II был балдахин из ляпис-лазури и золота с изображением звезд и планет на синеве неба, знаков зодиака и мировых «пояссов» наряду с изображениями древних царей. В Китае кусочки ляпис-лазури считались роскошным подарком, из них делали бусы, пластинки для поясов — перевязей средневековых придворных, танские дамы украшали волосы лазуритом. Тибетцы ценили лазурит выше золота, утверждая; что волосы почитавшихся ими богинь имеют цвет ляпис-лазури.

На пути к Северному Причерноморью лазурит завоевал любовь скифов — они носили лазуритовые бусы. Но далее в Европу этот синий самоцвет, очевидно, продавался с трудом: здесь прикладное искусство вплоть до XIX в. являет лишь единичные предметы из лазурита. В известных публикациях список выдающихся изделий из лазурита не претерпевает изменений: это чаша, богато убранный жемчугом, алмазами и рубинами, купленная в 1534 г. королем Франциском I; это столешница, поразившая гостей

⁹ Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н. Геология месторождений подольских камней. М., 1983.

¹⁰ Керам К. В. Боги, гробницы, ученые. М., 1960.

¹¹ Шефер Э. Золотые персики Самарканда. М., 1981.

⁸ Ахметов С. Ф., Ахметова Г. Л. Рубин // Природа. 1990. № 7. С. 50—54.



Вверху — изделия из лазурита, внизу — образец лазурита с полированной поверхностью.

на свадьбе Генриха IV с Марией Медичи во Флоренции в 1600 г.; это 14 ваз, чаш, кубков, бокалов — «гондол», принадлежавших Людовiku XIV.

Целый ряд замечательных изделий, хранившихся некогда в Эрмитаже, детально описал А. Фелькерзам¹². Среди них — китайский плод, персидский се-

¹² Фелькерзам А. Лазуревый камень и его применение в искусстве // Старые годы. СПб., 1913.

ребряный сосуд для благовоний с лазуритовыми вставками, совершенный по пропорциям кувшин в золотой с эмалью оправе итальянской работы начала XVII в., золотой рельеф на лазуритовой пластине с изображением «Омовения ног Спасителем», плоская чаша на высокой ножке, изготовленная из двух крупных кусков лазурита (размер чаши 24×18 см). На выставке прикладного искусства Италии из собрания Эрмитажа можно было увидеть также настольные украшения из камня, выполненные для Екатерины II римскими мастерами по рисункам Дж. Валадье. Однако в этих изделиях из яшм и мрамора лазурит использован очень скромно. Столь же ограниченное применение синего камня мы видим в более доступных для посетителей Эрмитажа флорентийских мозаиках кабинетов, шкафов и столешниц XVII—XIX вв., поражающих высоким художественным вкусом и мастерством. Орнаменты, оперение попугаев, пятнышки на крыльях бабочек, изумительно подобранные тона в лепестках цветов



Лазурит с тонкими вкраплениями пирита в материнской породе. Афганистан.

раскрывают всю красоту и многообразие оттенков ляпис-лазури.

Смелее используется лазурит русскими мастерами мозаики во второй половине XIX в.— в столешницах, изготовленных на Петергофской гранильной фабрике, появляются крупные геометрические фигуры, «гальки». Внимательный глаз обнаружит среди них не только бадахшанский, но и отечественный камень: в 1851 г. Г. М. Пермикин организовал разработку открытого еще в 1785 г. Н. Лапшиным прибайкальского месторождения лазурита. Монополия Бадахшана впервые за тысячелетия была поколеблена.

Из первых 20 пудов камня, доставленного в С.-Петербург еще при жизни Екатерины II, были изготовлены пластины, украсившие интерьер Лионского зала в Царскосельском дворце и Мраморного зала в Мраморном дворце. Расцвет русской мозаики обусловлен созданием

грандиозных по масштабу и совершенных по технике изделий из лазурита. К ним относятся оригинальная квадратная чаша, две столешницы, созданные на Петергофской гранильной фабрике в 1852 г., две парные вазы, изготовленные в 1845 и 1852 гг. мастером Г. Налимовым на Екатеринбургской гранильной фабрике (все — из бадахшанского лазурита), две парные вазы Георгиевского зала (из прибайкальского лазурита), а также две центральные колонны иконостаса Исаакиевского собора (из бадахшанского лазурита). Кроме этих выдающихся произведений в разных музеях сохранились небольшие вазы, настольные часы, шкатулки, письменные приборы, созданные русскими мастерами из сибирского самоцвета.

Ляпис-лазурь из прибайкальских месторождений и Ляджвардаринского месторождения на Памире, разработка которого началась в 1970 г., успешно конкурирует на мировом рынке с бадахшанской. Странно только, что при ежегодной добыче лазурита, значительно превышающей по масштабам его

добычу на месторождении Сары-Санг, мы так редко видим отечественные изделия из этого чудесного синего камня, покорившего столько стран и народов.

Во всех известных ныне месторождениях лазурит встречается преимущественно на границе щелочных изверженных пород и известняков. Лазуритовые тела представлены мелкими разбросанными гнездами и линзами, залегающими среди доломитовых мраморов и кальцифиров.

До недавнего времени считалось, что лазурит — минерал кубической сингонии, принадлежащий к группе содалита и имеющий формулу $(\text{Na}, \text{Ca})_8 [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{SO}_4, \text{S}, \text{Cl})$, а структура его представляет собой каркас, «напичканный» добавочными анионами — SO_4^{2-} , S^{2-} , Cl^- .

Последние исследования показали, что существуют три структурные модификации лазурита — кубическая, триклинная и моноклинная, с разными оптическими свойствами и варьирующим химическим составом¹³. Катионами кроме натрия и кальция могут быть калий и магний, а в анионной части присутствует еще и группа CO_3^{2-} . Пришлось расстаться и с аксиомой об обязательности синей окраски лазурита: на Мало-Быстринском месторождении в Прибайкалье обнаружен лазурит различных окрасок.

По данным одного из авторов этой статьи Л. И. Третьяковой и А. Я. Вохменцева, лазурит можно разделить на два цветовых ряда: I — желтый — зеленый — голубой — синий — темно-синий; II — розовый — сиреневый — фиолетовый — темно-синий¹⁴.

В чем же причина столь широкой гаммы окрасок? Определяющую роль играют сульфидные радикалы. Для лазурита I ряда это S_2^- и S_3^- , которым

¹³ Иванов В. Г., Сапожников А. Н. Лазуриты СССР. Новосибирск, 1985.

¹⁴ Третьякова Л. И., Вохменцев А. Я. Окраски и спектры отражения лазуритов и других фельдшпатовидов из месторождений Прибайкалья // Кристаллохимия и структурный типоморфизм минералов. Л., 1985. С. 171—180.

в спектрах минерала отвечают полосы 400 и 600 нм. При увеличении концентрации центров S_3^- по отношению к S_2^- полоса 600 нм усиливается и соответственно меняется окраска лазурита (желтый — зеленый — голубой — синий — темно-синий). Кроме того, за окраску лазурита I ряда отвечает сульфатный ион SO_4^{2-} , концентрация которого в минерале может достигать нескольких процентов¹⁵.

Причиной окраски лазурита II ряда являются не только

перечисленные ионы, но и сульфидный радикал S_4^- . Он отвечает за появление в спектрах поглощения лазурита полосы 520 нм, соответствующей розовой его окраске. Увеличение концентрации центра S_3^- по отношению к центрам S_2^- и S_4^- в лазурите приводит к усилению полосы 600 нм за счет полос 400 и 520 нм. При этом последовательно сменяются окраски: розовая — сиреневая — фиолетовая — темно-синяя.

Оба ряда окрасок лазурита, начинающиеся с экзотических — желтой и розовой, завершаются темно-синей. В этом классическом лазурите концентрация иона S_3^- значительно пре-

обладает над другими центрами окраски. Опыты по высокотемпературному отжигу показали, что во всех светлоокрашенных образцах лазурита — будь он желтый, зеленый, голубой, розовый, сиреневый — при нагревании резко увеличивается концентрация центра S_3^- . И после выдерживания образца при температуре 800 °С в течение 1 ч его окраска меняется на темно-синую. Кстати, эта способность лазурита менять окраску была известна с древних времен: для облагораживания светлоокрашенных, голубых, образцов лазурита их нагревали в костре, дабы увеличить цену камня.

¹⁵ Решетняк Н. Б., Третьякова Л. И., Вохменцев А. Я. // Минерал. журн. 1986. № 5. С. 49—60.

ИНФОРМАЦИЯ

С 1991 г. Академией наук СССР и Королевским химическим обществом Великобритании

будет издаваться на английском языке ежемесячный журнал «MENDELEEV COMMUNICATIONS» («МЕНДЕЛЕЕВСКИЕ СООБЩЕНИЯ»).

Журнал предназначен для быстрой публикации интересных работ советских ученых в области химии. По характеру и стилю публикаций журнал близок к «Chemical Communications».

Рукописи представляются на русском языке (4 экз.) с английским переводом (2 экз.), который будет дорабатываться английскими редакторами. Требования к оформлению идентичны принятым в журнале «Chemical Communications» (не более 4—5 машинописных страниц).

Отбор материалов советских авторов и первичное рецензирование осуществляются советской редакцией, их окончательный перевод, повторное рецензирование и издание — в Великобритании. Рукописи советских авторов направляются в Великобританию с разрешения АН СССР. Срок публикации — 3 мес. с момента поступления статьи в английскую редакцию.

Главный редактор от СССР акад. О. М. Нефедов, от Великобритании — проф. М. Фрей (H. M. Frey).

Адрес советской редакции:

117871 ГСП-7, Москва, В-437, ул. Миклухо-Маклая, 16/10, Институт биоорганической химии им. М. М. Шемякина АН СССР, редакция журнала «Менделеевские сообщения»; тел. 335-13-88; телефакс (095) 336-50-00.

Создана ассоциация «Содействие защите населения»

К ГОДОВЩИНЕ Спитакского землетрясения, случившегося 7 декабря 1988 г., «Природа» выпустила специальный номер, посвященный урокам и проблемам этого трагического события¹. В нем обсуждались возможности долгосрочного и краткосрочного прогнозирования землетрясений, требования, которым должно отвечать строительство в сейсмоопасных районах, вопросы рациональной организации медицинской и психиатрической помощи пострадавшим, системы реагирования на стихийные бедствия и многое другое. Одна из статей этого номера заканчивалась так: «Сложившееся положение с защитой населения, народного хозяйства и природных объектов от действия землетрясений, других природных и рукотворных катастроф в сочетании с отсутствием комплексных идей по данному вопросу приводит к мысли о необходимости создания ассоциации по защите от катастроф. (...) Думается, «Природа» могла бы стать одним из инициаторов создания такой ассоциации. Уверён, что компетентные и ответственные люди, идеи и спонсоры найдутся»².

И вот 15 мая этого года в Москве состоялась учредительная конференция ассоциации «Содействие защите населения от стихийных бедствий и техногенных аварий и катастроф». В ней приняли участие представители 53 научных, проектно-конструкторских и общественных организаций. В числе учредителей — Академия наук Таджикской ССР, Главмосархитектура, МИСИ им. В. В. Куйбышева, Общество Красного Креста РСФСР, организации АН СССР, Госкомприроды, Госстроя, Детский диагностический центр Минздрава РСФСР и — что нам особенно приятно сообщить читателям — журнал «Природа». Президентом ассоциации избран С. Х. Негматуллоев, президент АН

ТаджССР, директор Института сейсмологии и сейсмостойкого строительства АН ТаджССР.

Как отмечалось в декларации, принятой на учредительной конференции, Спитакская катастрофа и Гиссарское землетрясение (23 января 1989 г.) обнажили несовершенство существующей в стране системы защиты населения, причем всех ее компонентов. Правительством принят ряд серьезных мер по улучшению сложившегося положения; кроме того, созданы специализированные общественные объединения медиков, спасателей и т. п. Однако все сильнее ощущается необходимость комплексного, системного подхода к этим проблемам, межведомственного общения всех, занятых этими вопросами, а также широкого использования результатов, накопленных в смежных областях, в том числе по конверсии.

Надо сказать, что перечисленные проблемы характерны не только для нашей страны. В докладе генерального секретаря ООН на 44-й сессии Генеральной Ассамблеи 20 июня 1989 г. отмечалось, что за последние 20 лет в результате стихийных бедствий погибло около 3 млн чел. и по меньшей мере 800 млн остались без крова, перенесли различные заболевания, понесли серьезные экономические потери и испытали другие трудности, включая прямой ущерб на сумму в десятки миллиардов долларов. Общий рост количества жертв от стихийных и техногенных катастроф при относительном их снижении в странах, где принимаются действенные меры, побудил ООН принять специальную резолюцию. В ней 90-е годы объявлены десятилетием, в ходе которого международное сообщество будет уделять особое внимание укреплению междисциплинарного сотрудничества для уменьшения опасности стихийных бедствий. Рекомендуются планировать и проводить предварительные защитные меры на основе комплексного подхода к проблеме, привлекая и неправительственные профессиональные ассоциа-

ции. В этом плане созданная ассоциация полностью соответствует рекомендациям ООН.

С чего же намерена начать свою работу ассоциация «Содействие защите населения»? В поле ее зрения прежде всего такие объекты, как город с атомной или гидроэлектростанцией, крупным химическим производством, где особенно велик риск техногенных катастроф. Надо сказать, что ряд организаций — членом ассоциации пришли на учредительную конференцию не с пустыми руками. Так, сейчас активно разрабатывается программа «Нурек» — комплекс мероприятий по защите населения в районе крупнейшей ГЭС, которая строится в одном из самых сейсмоопасных районов страны. Исследуются вопросы инженерной защиты в случае возможных технологических аварий для Москвы. Такие проекты, по своим основным параметрам выполненные на мировом уровне, могли бы стать эталонными, чтобы затем тиражироваться и использоваться с учетом местных условий как у нас в стране, так и за рубежом.

Уже на учредительной конференции ее участники поставили ряд важнейших вопросов — о специфике защиты детей при стихийных бедствиях и авариях, защите от химических отравлений, повышении степени защищенности детских садов, школ, больниц, кинотеатров, других мест большого скопления людей. Говорилось и о необходимости специальных законодательных актов, решении экономических и социальных вопросов, освоении подземного пространства в городах, а также о возможных путях содействия различным государственным и общественным организациям и программам.

На следующей конференции, намеченной на октябрь, будет представлена развернутая программа работ ассоциации с учетом всех высказанных предложений.

© Н. Д. Морозова
Москва

¹ Природа. 1989. № 12.

² Цыганков С. С. Нужна действенная система защиты // Природа. 1989. № 12. С. 101.



У. К. Хартман **ЕДИНСТВО МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ**



Уильям К. Хартман, доктор (астрономия), профессор Планетологического института при Университете Аризоны (Тусон, США). Известен своими работами по происхождению и эволюции планет, а также как художник, посвятивший свое творчество теме космоса.

После окончания Университета Аризоны я уже более 30 лет работаю в Планетологическом институте. Здесь увлекательная работа. В начале 70-х годов мне пришлось активно участвовать в программе «Маринер-9», создавать детальную карту поверхности Марса. Это стало толчком к зарождению моего интереса к марсианским кратерам, вулканам и «каналам».

Чтобы понять, как возникли кратеры, я занялся экспериментальным изучением процессов, протекающих при столкновении планетных тел. Наряду с лабораторным моделированием я наблюдаю движение в Солнечной системе реальных небесных тел — астероидов и комет. Для этого дважды в год я отправляюсь на гору Мауна-Кеа (Гавайи), на вершине которой расположена обсерватория с большим телескопом.

Однако меня интересуют не только точные знания по астрономии и планетологии — мне кажется, для ученого этого мало. У меня есть потребность видеть предмет своих исследований собственными глазами, поэтому я пишу картины, сюжеты которых тесно связаны с моей научной работой. Планеты, астероиды, кометы изучают разные специалисты, и каждый из них, конечно же, подходит со своими мерками — иногда очень узкими. Но художник, знающий астрономию и планетологию, может попытаться обобщить в зримом образе всю информацию, объединить знания, полученные из разных источников. Очень важно, чтобы люди познакомились с художественными образами космических явлений.

Вместе с тем мне хотелось бы рассказывать о своих научных идеях не только в специальных статьях, монографиях и картинах на космические темы, но и в научно-популярных книгах. Поэтому я работаю в трех направлениях: в институте занимаюсь исследовательской деятельностью, а дома меня ждут письменный стол, за которым я пишу научно-популярные книги, и художественная студия для создания картин...

В этой публикации я хотел бы познакомить читателей «Природы» с моими представлениями о таких интереснейших объектах Солнечной системы, как малые тела, проиллюстрировав свои взгляды своими же картинами.

ПЛАНЕТЫ Солнечной системы образовались, как это следует из ранних, получивших всеобщее признание трудов О. Ю. Шмидта и В. С. Сафронова, путем аккумуляции множества относительно мелких тел — планетезималей. Современные малые тела — астероиды, кометы, спутники планет — представляют собой остатки того скопления планетезималей, которое существовало на заре Солнечной системы. В этом смысле все они генетически связаны между собой.

Какими были состав и физические особенности планетезималей? Точно мы этого не знаем. Но наблюдения за существующими сегодня малыми телами показывают,

Вид Марса с поверхности Фобоса. Базируясь на данных экспедиции «Фобос-2», можно предположить, что Фобос был захвачен Марсом из пояса астероидов. Цвет и плотность Фобоса указывают на сходство его с черными телами, обычными для внешних частей пояса астероидов.

Воображаемая экспедиция к ядру кометы. Как в СССР, так и в США предполагается запустить космические аппараты для встречи с ядром кометы. Космический аппарат, обращающийся по близкой к комете орбите, мог бы путешествовать вместе с ней. (Показаны начальные стадии активности кометы, когда выбрасываются фрагменты древней корки ядра.)



что на разном расстоянии от Солнца планетезимали, безусловно, имели различный состав.

В относительной близости к Солнцу сосредоточены каменные тела, подобные Земле, Луне и Марсу. По мере удаления от него состав тел постепенно меняется, и в поясе астероидов — между Марсом и Юпитером — появляются объекты совсем иного типа, испускающие свет, как «абсолютно черные» тела. (Вероятно, в них много углерода.) Еще дальше от Солнца, вблизи Юпитера, находятся малые тела, содержащие лед. Думается, что кометы, которые движутся на самых окраинах Солнечной системы — в облаке Оорта, также должны быть богаты льдом. Иногда они приближаются к Солнцу, становясь хорошо видимыми на ночном небе.

В прошлом кометы и астероиды считали телами совершенно разного типа: кометы представлялись рыхлыми ярко светящимися объектами, а астероиды — звездообразными телами (что нашло отражение и в их названии). Казалось, нет никакой связи между диффузными кометами с расплывчатой формой и астероидами с четкими очертаниями.

Эти представления просуществовали почти до нашего времени. Еще недавно одна группа ученых собиралась на конференции для обсуждения астероидов, а другая — на другой конференции докладывала последние результаты изучения комет. Даже специализация этих ученых различалась: занимавшиеся астероидами исследовали их каменную поверхность и минералогию, а «кометологи» сосредоточивали внимание на газах в диффузной коме или хвостах комет. Только в последние 10—15 лет, когда эти ученые начали общаться друг с другом, наступил новый этап в изучении комет и астероидов. Стала понятней взаимосвязь этих объектов. Некоторые астероиды могут превращаться в кометы, остатки комет в виде астероидов могут сталкиваться с Землей. В последние годы появилась возможность изучать кометы не только с помощью телескопов, но и посылая к ним автоматические межпланетные станции. С помощью приборов, установленных на этих станциях, можно определить химический и минералогический состав хвоста и ядра кометы.

Еще один тип объектов, которые, на мой взгляд, обязательно должны фигурировать в рассказе о малых телах, — спутники планет. Основная их часть вращается вокруг родительских планет. Эти спутники формировались около них так же, как планеты около Солнца. Так что мы имеем прекрасные аналоги: Солнечную систему с ее пла-

нетами, систему Юпитера с ее «лунами», систему Сатурна с дожиной спутников и т. д.

Однако во внешних частях некоторых спутниковых систем встречаются «луны» весьма необычные. Например, на самой окраине системы Сатурна есть один маленький черный спутник с обратным направлением обращения. При наблюдении со стороны северного полюса Сатурна видно, что все его спутники движутся против часовой стрелки, а этот — по часовой. Точно так же во внешних частях системы Юпитера четыре черных спутника обращаются по часовой стрелке, а четыре других — против. Даже у Марса имеются два очень маленьких черных спутника. Характерно, что спутники, движущиеся по часовой стрелке, располагаются на сходных орбитах, хотя и на разном удалении от планеты. Орбиты спутников, движущихся в противоположном направлении, также очень похожи одна на другую.

Исследовав спектры поверхности черных спутников, мы с удивлением обнаружили, что все они одинаковы. Выявилось и другое довольно странное обстоятельство: эти спутники имеют точно такие же спектры, как и особый тип астероидов, встречающийся только во внешней части пояса астероидов. Можно предположить, что все эти черные «луны» во внешних частях планетных систем, а также Фобос и Деймос — спутники Марса — фактически являются астероидами, захваченными соответствующими планетами.

Вообще, изучение спектральных характеристик поверхности астероидов кажется мне весьма плодотворным подходом. Впервые, оно дает нам хотя бы приблизительное представление об их составе и позволяет предположить, откуда они появились и как образовались. Во-вторых, если заглянуть в будущее космонавтики, можно думать, что именно на астероидах будет обнаружено множество различных полезных веществ. Поверхность одних астероидов, по-видимому, содержит металлы, других — силикаты, третьих — льды, которые могут быть превращены, например, в воду для космонавтов. Я предвижу много экспедиций к разным астероидам с целью выяснить, из чего они сложены и как эти вещества можно использовать.

Но уже сейчас мы немало знаем о составе астероидов. Во внутренней, ближайшей к Солнцу, части пояса астероидов в некоторых относительно светлых объектах встречается вещество, подобное базальтовым лавам. В центральной части преобладают черные астероиды, имеющие, вероятно, в своем составе углерод. Близ орбиты Юпитера обнаружены два скопления асте-

роидов, спектры которых также говорят о присутствии органического вещества.

Спектральные характеристики поверхности астероидов дополняются непосредственным изучением метеоритного вещества. Метеориты, падающие на Землю, — это, вероятно, обломки астероидов. В коллекциях метеоритов и космической пыли есть, пожалуй, все типы вещества, определяемого в составе астероидов при их телескопическом наблюдении. Например, есть базальтовые хондриты — метеориты, напоминающие базальтовую лаву, и мы наблюдаем немало астероидов, имеющих точно такие же спектральные характеристики, а значит, сложенных теми же минералами. Возможно, есть астероиды, состав которых идентичен более примитивным метеоритам — хондритам. Известны также астероиды, которые, по нашим представлениям, соответствуют железоникелевым метеоритам. (Эти астероиды особенно интересны, поскольку даже при небольших размерах они обеспечили бы потребность в металле будущих исследователей космоса, а может быть, железо и никель остались бы и на земные нужды.) Наконец, есть метеориты с большим количеством углеродистого вещества — углистые хондриты. Почти нет сомнений, что эти черные метеориты подобны черным астероидам, которые мы видим в космосе.

Как уже отмечалось, черные астероиды аналогичны двум спутникам Марса — Фобосу и Деймосу. Поэтому, если мы предполагаем исследовать Марс, было бы интересно сначала добраться до них. Изучая спутники Марса, мы в то же время исследовали бы представителей малых тел, которые, по всей вероятности, были когда-то захвачены Марсом.

Программа «Фобос-2», как известно, потерпела неудачу (все мы — и в СССР, и на Западе — очень огорчены этим), тем не менее космический аппарат сблизился с Фобосом и передал новые спектральные данные и фотоизображения. До этого для некоторых районов Фобоса мы не имели ни телескопических изображений, ни замеров цвета, характеризующих в первом приближении состав поверхности.

В результате полета «Фобос-2» и предшествующих ему наземных наблюдений выяснилось, что вещество поверхности Фобоса очень сухое, как, например, на Луне. Это вызвало естественное недоумение специалистов, так как в целом Фобос похож на черные углистые хондриты — метеориты с большим количеством летучих компонентов (вода и т. д.). Теперь мы почти уверены,

что по крайней мере поверхностный слой Фобоса сложен сухим пористым материалом, лишенным следов воды.

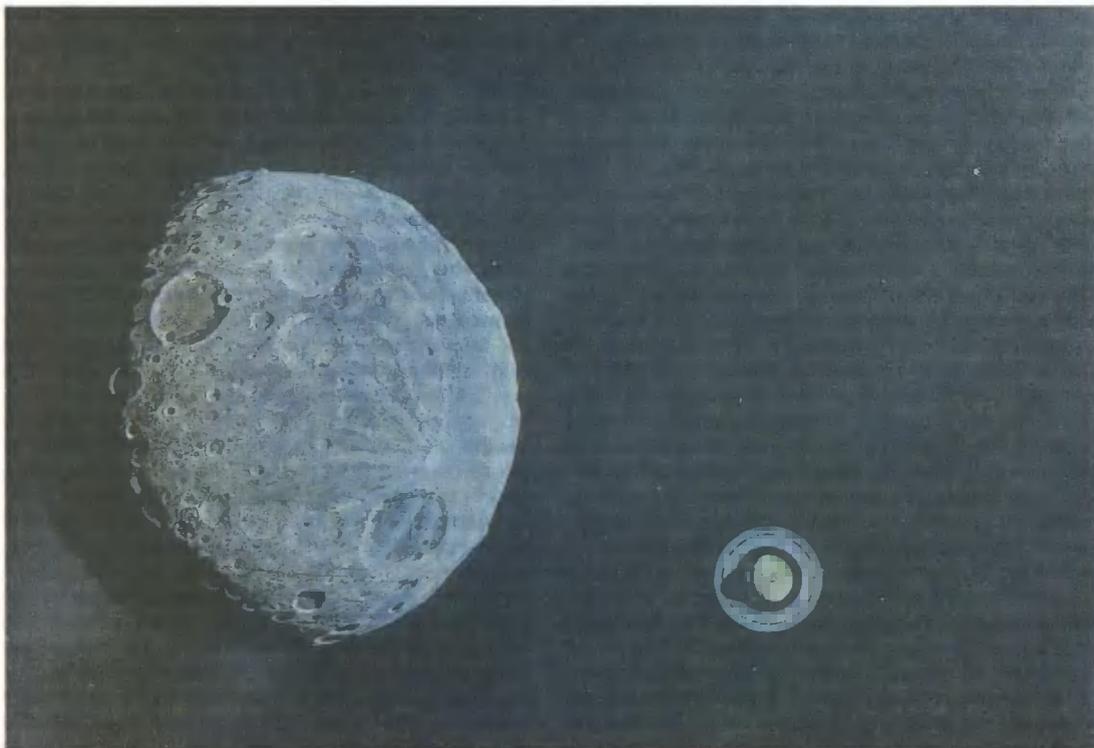
Если мы как следует обдумаем специфическое положение Фобоса среди объектов Солнечной системы, этот вывод не покажется столь уж удивительным. Дело в том, что Фобос располагается очень близко к Марсу, и обломки с него, образующиеся в результате метеоритной бомбардировки, удерживаются в поле тяготения планеты. После многократного обращения вокруг Марса по орбитам, близким к орбите Фобоса, значительная часть этого обломочного материала возвращается на его поверхность.

Проходят тысячи или миллионы лет, и другой метеорит «выбивает» новую порцию вещества с поверхности Фобоса. Возможно, часть его попадала на Марс, но другая, пропутешествовав вокруг Марса, вновь возвращалась на Фобос. Таким образом, потери вещества Фобосом в результате ударных событий были не особенно велики. Зато ударные процессы вызывали разрыхление материала в поверхностном слое, а тепловой эффект соударений приводил к испарению воды и других летучих компонентов.

Итак, на поверхности Фобоса мы видим пористый материал, подвергшийся ударному воздействию. А что находится внутри этого бывшего астероида? Приборы «Фобоса-2» показали, что дно и стенки самого крупного на Фобосе кратера Стикни испещрены пятнами, которые по спектральным характеристикам явно отличаются от углистых хондритов. Вероятно, этот кратер приоткрывает нам недра Фобоса, имеющие иной состав, нежели его поверхность. Но нельзя исключить, что Стикни образовался при соударении с Фобосом метеорита необычного химического состава, вещество которого сконцентрировалось на внутренних стенках кратера. Пока с уверенностью можно говорить только о разном составе вещества в разных участках Фобоса.

Крупнейший кратер дает ключ к пониманию и другой загадки Фобоса. От кратера во все стороны разбегаются борозды или трещины, вдоль которых располагаются небольшие округлые углубления диаметром от 10 до 100 м. Внешне они очень похожи на ряды вулканических кратеров. Я не думаю, что эти мелкие кратеры образованы метеоритами: слишком точно располагаются они по линиям и слишком сходны их размеры. Скорее всего, углубления образовались при газовых извержениях из недр Фобоса. Следовательно, в недрах Фобоса может быть лед или газ воды и других летучих веществ.

Вообще-то, Фобос представляется мне



Хирон — самый удаленный от Солнца астероид — проходит над полюсом Сатурна. Недавно обнаружилось, что этот астероид таинственно мерцает. Наблюдения показали, что он испускает пылевую кому и превращается в комету. Эффект, вероятно, вызван перемещением Хирона ближе к Солнцу и повышением его температуры.

богатым льдом астероидом углистого типа, который был «захвачен» Марсом на свою орбиту. Возможны также отдельные скопления льда в недрах Фобоса. При образовании кратера Стикни, имеющего несколько километров в поперечнике, естественно возникли трещины и внезапная разгрузка напряжений в зонах растрескивания превратила лед в газ, который легко прорвался через поверхностный слой пористого материала или пыли и сформировал чашеобразные углубления.

С помощью этого умоглядного сценария мы не только объясняем происхождение кратеров, но, что более важно, находим подтверждения гипотезе изначального суще-

ствования льда в недрах Фобоса. Вопросы такого рода заставляют вновь и вновь обращаться к Фобосу, думать о полетах к нему — лишь они позволят уяснить, что же происходило на самом деле.

Конечно, изучать Марс мы сможем с помощью прямых полетов с Земли. Но нужно предусмотреть и иной путь: полет на Фобос и устройство там базы или космической станции, пригодной для полетов на Марс. Тем самым мы получим возможность исследовать и другие объекты Солнечной системы, расположенные за орбитой Марса.

Кроме того, имея станцию на Фобосе, мы сможем детальнейшим образом изучить астероиды и другие малые тела, понять, действительно ли они являются теми блоками, из которых построена Земля, обогатить свои представления о ранней истории Земли и формировании планет.

© Публикацию подготовила Л. Д. Майорова



ВОПРОСЫ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВА

теоретический и
научно-практический
журнал

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО
КОМИТЕТА
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ
И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР И
ЦЕНТРАЛЬНОГО СОВЕТА
ВОИР

Журнал «ВОПРОСЫ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВА» — ваш надежный лоцман в море научно-технического прогресса.

«Вопросы изобретательства» адресованы самому широкому кругу специалистов в области создания новой техники и проведения научных исследований — изобретателям и рационализаторам, ученым и инженерам, патентоведом и юристам.

«Вопросы изобретательства» — издание, полезное преподавателям и студентам технических вузов, юридических институтов и факультетов.

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ ВИ:

создание и внедрение изобретений;

технические новшества и экономические показатели предприятий;

опыт изобретательских и патентных служб СССР и зарубежных стран;

изобретательство в условиях экономической реформы;

научно-техническая экспертиза и патентная информация;

судебная практика;

правовая охрана промышленных образцов, товарных знаков;

рецензии, консультации, письма читателей.

Только в ВИ — публикация и комментарий нового Закона об изобретательстве в СССР и всего комплекса нормативных актов, изданных в его развитие.

ВИ публикует платные объявления и рекламу.

Подписка на журнал принимается местными отделениями «Союзпечати» и предприятием «Патентпечать» (123376, Москва, Дружинниковская ул., 11-а, телефон: 255-13-52). Индекс 70161. Цена одного номера — 1 р., годовой подписки — 12 р.

Адрес редакции: 113035, ГСП, Москва, Раушская наб., д. 4, телефоны: 230-18-05, 231-38-50.

Научно-производственный кооператив «РЫНДА» при Мурманском морском биологическом институте АН СССР предоставляет:

гидробиологический материал Баренцева моря для научно-исследовательских работ и гидробиологического практикума;

морские экспонаты для музеев;

«сувениры моря» для зоомагазинов.

Каталог морских животных и водорослей высылается по запросу заказчика.

Адрес кооператива: 184631, Мурманская обл., п. Дальние Зеленцы, кооператив «Рында».

Сиваш—глазами археолога

Н. П. Оленковский,
кандидат исторических наук
Херсон

СИВАШ, или Гнилое море,— безусловно, уникальное явление в природе Восточной Европы. Эта система мелких заливов у западного берега Азовского моря общей площадью 2560 км² служит гигантским природным испарителем, аналогичным каспийскому заливу Кара-Б газ-Гол. На западе Сиваш отделен от Черного моря Перекопским перешейком, на востоке ограничен Арабатской стрелкой с узким Геническим проливом, соединяющим Сиваш с Азовским морем; к северу и югу расположены низменные субазральные равнины Причерноморья и Крымского п-ова.

Геологическая история сивашской впадины очень сложна; ее западный и восточный участки имели совершенно разное происхождение и развитие. Подсчет сезонных слоев ила из кернов, полученных при бурении отложений Восточного Сиваша, дал возраст около 800—850 лет — дата окончательного отделения западной части Азовского моря Арабатской стрелкой. Ныне Восточный Сиваш отделен от Западного Чонгарским п-овом с узким проливом у его южной оконечности. Вот этот пролив периодически и соединял подлинный древний Сиваш с Азовским морем. История Западного Сиваша, в отличие от Восточного, очень продолжительна и выходит за пределы антропогенного периода. Подсчет парных слоев показал, что до начала нашей эры и здесь Сиваш не существовал в современном виде¹. Время от времени он со-

вершенно пересыхал или становился соленым озером, в ледниковые же периоды был пресноводным или почти пресноводным, а при трансгрессиях Азовского моря превращался в солоновато-водный залив. Эти важные и интересные выводы, основанные на геологических данных, достаточно общи и не всегда имеют точные хронологические реперы. В последние годы появилась возможность уточнить (а в ряде случаев определить впервые) хронологию происходивших здесь природных процессов археологическими методами.

Заселение берегов Сиваша могло происходить лишь в благоприятных природных условиях, прежде всего в периоды его опреснения; на берегах пересохшей котловины или солоно-водного залива существование людей было невозможно. Впервые несколько древних стоянок были обнаружены в 50—70-е годы в Южном Присивашье и на побережье Западного Сиваша, где велись археологические разведки². Сплошное обследование северного берега Сиваша и раскопки на выявленных стоянках проводятся с 1976 г. автором³. В итоге в Присивашье открыто свыше 100 памятников. Древнейшие стоянки южного берега Западного Сиваша — мустьерская и неолитические. В Север-

ном Присивашье много позднепалеолитических и мезолитических. Основываясь на археологических памятниках, можно реконструировать природные процессы в этом регионе за последние 40—50 тыс. лет.

Мустьерский памятник, расположенный у оконечности п-ова Кара-Китай, на южном берегу Сиваша, единичен и представлен очень малочисленной коллекцией кремневых изделий. На северном берегу обнаружены остатки двух стоянок начальной поры позднего палеолита; памятники его средней поры неизвестны. Выявлены стоянки первой половины заключительной поры позднего палеолита, а памятники его второй половины и раннемезолитические не найдены. Зато открыты на северном берегу позднемезолитические стоянки. Число памятников в неолите увеличивается как на северном, так и на южном берегу; раннеэнеолитические — единичны. Поселения и стоянки периодов позднего энеолита и ранней бронзы отсутствуют, зато обычны памятники средней и поздней бронзы (катакомбная, многоваликовая, сабашиновская и белозерская культуры). Ранний железный век (киммерийцы, скифы) практически не представлен. Единичны следы стоянок первых веков нашей эры (сарматы?) и развитого средневековья. Ранне-средневековые памятники отсутствуют, а позднесредневековые, наоборот, достаточно многочисленны, но сконцентрированы у Перекопского перешейка. Все археологические памятники в Присивашье — это следы кратковременных стоянок охотников, и, возможно, рыболовов, а также стоянок скотоводов. Долговременные поселения не выявлены. Исходя из этого и с учетом исторических и социально-экономических особенностей населения Северного Причерноморья, можно предложить следующую палеоэкологическую реконструкцию.

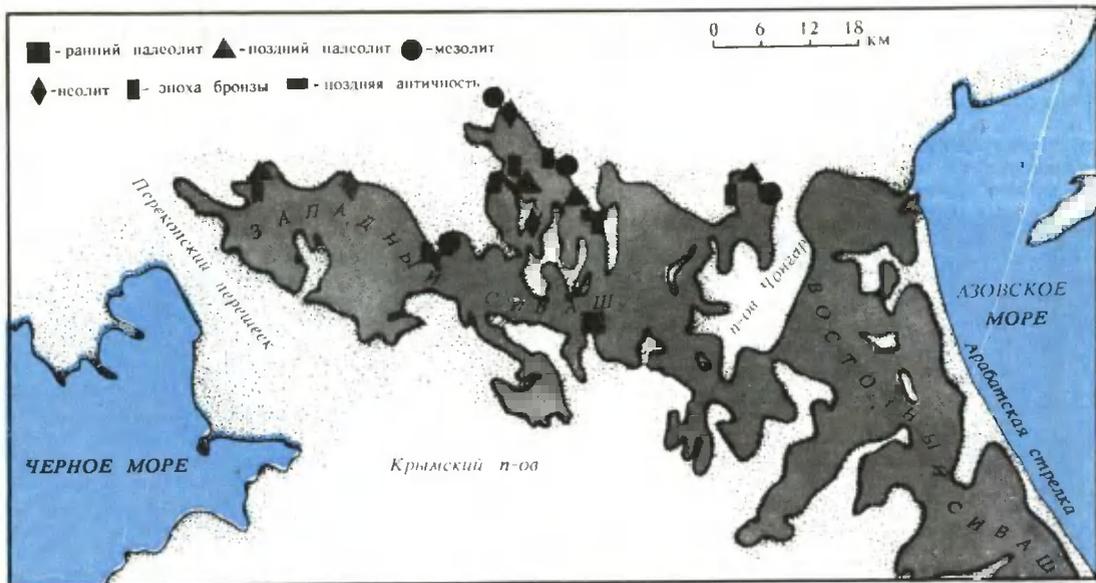
Соответствующие условия жизнеобеспечения (питьевая вода и пр.) существовали лишь в определенных периоды. Очевидно, что они имели место свыше 40 тыс. и в промежутке 30—24 тыс. лет назад. Отсутствие памятников, от-

² Колосов Ю. Г. // Краткие сообщения Института археологии АН УССР. 1956. Вып. 7. С. 22—26; Щепинский А. А. // Исследования палеолита в Крыму. Киев, 1979. С. 172—181.

³ Оленковский Н. П. // Археологические открытия 1979 г. М., 1980. С. 314—315; Он же. Археологические открытия. 1983 г. М., 1985. С. 328—329; Он же. Археологические открытия 1984 г. М., 1986. С. 283 и др.

© Оленковский Н. П. Сиваш — глазами археолога.

¹ Лебединский В. И. С геологическим молотком по Крыму. М., 1982. С. 38, 154.



Основные памятники археологии Западного Сиваша.

носящихся к последнему (осташковскому) оледенению, говорит о пересыхании озер в сивашской впадине 24—18 тыс. лет назад. На обводнение Сиваша в первой половине позднеледниковья (17—14 тыс. лет назад) указывают стоянки в разных местах северного побережья. Во второй половине позднеледниковья (13—10,3 тыс. лет назад) и раннем голоцене (10,3—8 тыс. лет назад) засушливый климат и полное пересыхание Сиваша привели к тому, что люди оставили эти места. Под-

тверждают это и палеогеографические данные. Достаточно многочисленные памятники позднего мезолита, неолита и начала энеолита прекрасно согласуются с периодом голоценового оптимума; обводнение сивашской впадины в это время очевидно, однако с чем это было связано — с накоплением атмосферных осадков или прорывом солоноватых вод из Азовского моря, пока неясно. В III—начале II тысячелетия до н. э. Сиваш, возможно, был засолен или пересох — памятники этого периода неизвестны. Аридность климата той поры подтверждают и другие источники⁴. С XVIII по XII столетие до н. э.

Сиваш, вероятно, был обводнен, во всяком случае, стойбища скотоводов на его берегах в этот период вполне обычны. Приблизительно с XII—XI вв. до н. э. освоение человеком берегов Сиваша прекращается. Отдельные памятники поздней античности и средневековья пока труднообъяснимы.

По-видимому, эти археологические данные могут быть полезны для палеоэкологических реконструкций всего Северного Причерноморья.

⁴ Иванов И. В. Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. М., 1989. С. 75.

ИНФОРМАЦИЯ

Книги серии «ЧЕЛОВЕК И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА» издательства «Наука»

Артамонов В. И. РАСТЕНИЯ И ЧИСТОТА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ. 1986. 175 с. 65 к.

Верещагин Н. К. ЗООЛОГИЧЕСКИЕ ПУТЕШЕСТВИЯ. 1986. 200 с. 35 к.

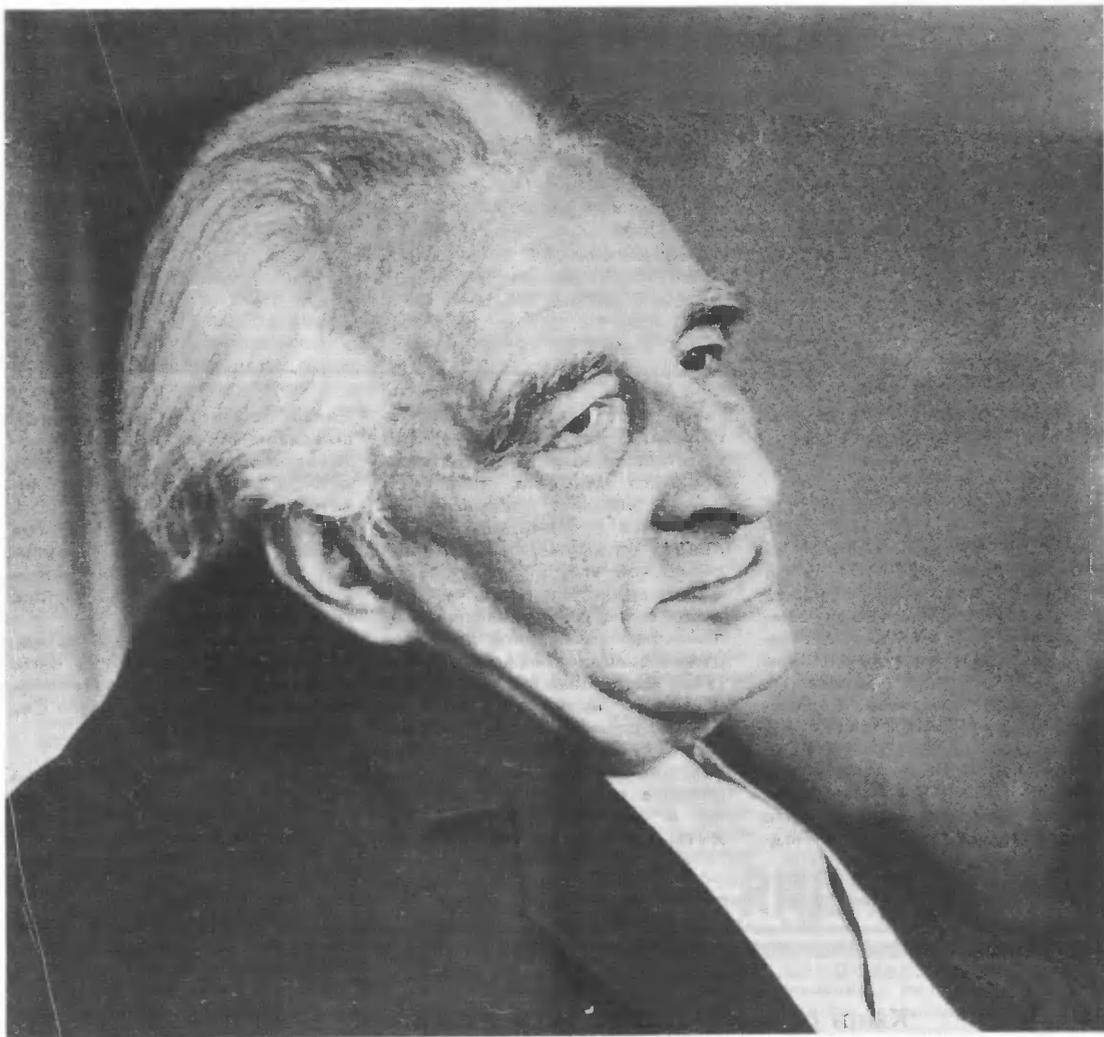
Котляков В. М. СНЕГ И ЛЕД В ПРИРОДЕ ЗЕМЛИ. 1986. 157 с. 55 к.

Кустанович С. Д. ЖАР-ПТИЦА ИЗ КРАСНОЙ КНИГИ. (Обыкновенный фламинго). 1986. 80 с. 35 к.

Адрес магазина: 252208, г. Киев, проспект «Правды», 80^а магазин «Книга — почтой» «Академкнига»

"Я ПРОЖИЛ СЧАСТЛИВУЮ ЖИЗНЬ"

К 90-летию со дня рождения Н. В. Тимофеева-Ресовского



Эту фразу не раз повторял Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский, известный советский биолог. Ведь всю свою жизнь, несмотря на выпавшие на его долю перипетии, он не разлучался с любимым делом — наукой: ни в заграничной командировке, растянувшейся на 20 лет, ни в сталинских лагерях, где, по словам А. И. Солженицына, «доходит до самого смертного рубежа группа интеллигентов...», а Тимофеев-Ресовский собирает из них семинар», ни на объекте, где уже в 1947 г. он возглавляет пионерские работы по радиобиологии, биофизике и радиэкологии, ни в Институте биологии в Свердловске, где организует свою знаменитую школу.

Беззаветная преданность науке, большой талант ученого и организатора, бесстрашие и бескомпромиссность, широта и артистичность натуры — все это еще при жизни принесло ему в научном мире

огромную популярность. Однако у Тимофеева-Ресовского при жизни были не только друзья, но и враги. Остались они и после смерти. Сегодня, когда восстановление поправленной во времена репрессий справедливости стало обычным делом, вопрос о его посмертной реабилитации почему-то зашел в тупик. Ученому с мировым именем, отбывшему 10 лет заключения «за невозвращение», так много сделали для развития отечественной науки, в такой справедливости отказано.

В ответ на многочисленные запросы о реабилитации Тимофеева-Ресовского ряда крупных ученых и общественных деятелей Главная военная прокуратура СССР после двухлетнего дополнительного расследования (1988—1989) вынесла новое заключение: измена Родине. Статья Д. Ильина и В. Провоторова «Кто вы, доктор Тимофеев-Ресовский!» («Наш современник», 1989, № 11), в которой, по утверждению авторов, изложены материалы следствия, вызвала массу недоуменных вопросов и волну возмущений. Они прозвучали и на расширенном заседании Комиссии по научному наследию Н. В. Тимофеева-Ресовского в декабре 1989 г., проходившем в Государственном комитете СССР по охране природы. В Главную военную прокуратуру было направлено множество протестов. Получили такие материалы и мы.

Редакция не имеет возможности познакомить читателей со всеми письмами биологов, указывающими на неграмотность и клеветнический характер этой обвинительной публикации. Да и страницы научно-популярного академического журнала не место для разбора следственных дел. Однако авторы статьи в «Нашем современнике», ссылаясь на документы следственного дела, не только порочат имя Тимофеева-Ресовского, но и позволяют себе обобщения, бросающие тень на всех ученых. Оставаться равнодушными к этому просто нельзя.

Для нашего журнала Николай Владимирович был не только известным биологом, но и всегда желанным автором, незаменимым советчиком и консультантом по многим вопросам. Отмечая 90-летие со дня его рождения, мы предоставляем слово его ближайшим ученикам: члену-корреспонденту АМН СССР В. И. Иванову и доктору биологических наук В. И. Корогодину. Мы предлагаем читателям также две работы самого Николая Владимировича, которые фигурируют в обвинительном заключении как «неопровержимое доказательство» его вины. Эти работы публикуются на русском языке впервые, и мы полагаем, что непосредственное знакомство с ними принесет куда больше пользы, чем их интерпретация неведомыми и, судя по всему, не очень грамотными «экспертами». Завершает подборку переписка Н. В. Тимофеева-Ресовского с не менее известным советским биологом В. Н. Сукачевым.

Хотелось бы надеяться, что наша публикация наряду с другими, подготовленными к этой дате, поможет восстановить справедливость и разрушить обвинения, порочащие светлую память о замечательном человеке и большом ученом.

АВТЮБИОГРАФИЧЕСКАЯ ЗАПИСКА

Родился в Москве 7 сентября 1900 г. Отец — Владимир Викторович Тимофеев-Ресовский (1850—1913), инженер путей сообщения. Мать — Надежда Николаевна, урожденная Всеволожская (1868—1928).

Учился сперва в Киевской I Императорской Александровской гимназии (1911—1913), а затем в Московской Флеровской гимназии (1914—1917), далее в Московском свободном университете им. Шанявского (1916—1917) и в I Московском государственном университете (1917—1925).

Работал: преподавателем биологии на Пречистенском рабфаке в Москве (1920—1925), преподавателем зоологии на биотехническом факультете Московского практического института (1922—1925), ассистентом при кафедре зоологии (проф. Н. К. Кольцов) Московского медико-педологического института (1924—1925) и научным сотрудником Института экспериментальной биологии ГИНЗ — директор проф. Н. К. Кольцов (1921—1925).

Я, по приглашению Kaiser Wilhelm Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften [Общество содействия наукам кайзера Вильгельма] в Берлине и по рекомендации проф. Н. К. Кольцова и наркомэдрава Н. А. Семашко проработал с 1925 по 1946 г. научным сотрудником отдела генетики при институте в Берлин-Бухе, а в 1945 г. там же в качестве директора.

С 1947 по 1955 г. я работал заведующим биофизическим отделом объекта 0211, с 1955 по 1964 г. заведующим отделом радиобиологии и биофизики в Институте биологии УФ АН СССР в Свердловске, с 1964 по 1969 г. заведующим отделом радиобиологии и генетики в Институте медицинской радиологии АМН СССР в г. Обнинске, Калужской обл., а с 1969 г. по настоящее время консультантом в Институте медико-биологических проблем в г. Москве.

Будучи по образованию и с молодости по интересам зоологом (в частности, зоопланктон, пресноводные рыбы, водные и прибрежные птицы Палеарктики), я с 1920 по

1923 г. занимался гидробиологией средне-русских озер, а с 1922 г. по настоящее время, в основном, генетикой, биофизикой и эволюционной проблематикой. В области генетики с 1920-х годов, преимущественно на дрозофиле, занимался феногенетикой, мутационным процессом, популяционной генетикой и разработкой некоторых основ микроэволюционных процессов.

С 30-х и до начала 60-х годов работал по изучению накопления и выделения ряда элементов, преимущественно гидробионтами и наземными растительными организмами, применяя метод меченых атомов (радиоизотопов), центром внимания этих работ было изучение судьбы некоторых элементов в пределах биогеоценозов.

В течение 18 лет (с конца 20-х до середины 40-х годов) мною с небольшой группой сотрудников проводилась систематико-зоогеографическая и экспериментально-генетическая работа по монографическому исследованию внутривидовой изменчивости растительноядной божьей коровки *Epilachna chrysomelina* F. Это исследование было связано с разработкой процессов микроэволюции.

Из более общих достижений в некоторых областях современного естествознания мне пришлось принять посильное участие в разработке принципов попадания, мишени и усилителя в радиобиологии, в разработке и классификации явлений изменчивости фенотипического проявления в основном последних стадий постэмбрионального развития признаков, определяемых теми или иными мутациями под влиянием генотипической, внешней и «внутренней» среды, в области феногенетики, феноменологии проявления генов и, наконец, разработке элементарных материалов и факторов микроэволюционного процесса и соотношений между микро- и макроэволюцией.

Теоретическому осмысливанию и упорядочению получаемых в экспериментах и наблюдениях результатов мне очень помогли два обстоятельства. Во-первых, с начала 20-х годов группой С. С. Четверикова в институте Н. К. Кольцова был организован кружок по совместному обсуждению всех проводимых нами работ и важнейшей литературы по интересующим нас вопросам (вскоре, примерно с 1922 г., с появлением у нас в качестве главного экспериментального объекта — дрозофилы — этот кружок получил прозвище «Дрозсоор»).

В дальнейшем, в течение всей своей жизни, я со своими сотрудниками и ближайшими личными друзьями из других лабораторий всегда организовывал такие же, со-



Шарж неизвестного художника.

вершенно неформальные и свободные кружки, что очень оживляло научную жизнь и помогало в работе. Во-вторых, большое влияние на общее развитие моих интересов и на достижение мною и рядом моих сотрудников достаточной строгости в формулировках необходимейших биологических понятий сыграло счастливое сочетание условий, позволившее мне познакомиться, в ряде случаев навсегда сдружиться и в некоторых случаях научно сотрудничать или консультироваться со многими крупнейшими математиками, физиками, химиками, геологами, географами и биологами, не только в нашем Отечестве, но и за границей, в частности, мне посчастливилось принимать участие в ряде семинаров «Круга Нильса Бора» в Копенгагене, а также организовать, совместно с В. С. Эфрусси (при финансовом содействии Rockefeller Foundation) небольшую (около 20 человек), международную группу физиков, химиков, цитологов, генетиков, биологов и математиков, заинтересованных в обсуждении важнейших проблем теоретической биологии (эта группа собиралась в конце 30-х годов, до начала войны, на симпатичных курортах Дании, Голландии и Бельгии).

Действительный член (академик) Германской академии естественных наук

«Леопольдина» в Галле (ГДР), почетный член Американской академии наук и искусств в Бостоне (США), Итальянского общества экспериментальной биологии (Италия), Менделевского общества в Лунде (Швеция), Британского генетического общества в Лидсе (Англия) и член-учредитель ВОГиС им. Н. И. Вавилова (СССР), член Общества содействия наукам им. Макса Планка (ФРГ), действительный член МОИП, Географическо-

го общества СССР, Всесоюзного ботанического общества, лауреат медалей и премий Лазаре Спалланцани (Италия), Дарвинской (ГДР), Менделевской (ЧССР, ГДР), Кимберовской (США).¹

14 октября, 1977 г.

¹ Подробнее см. За выдающийся научный вклад в генетику. // Природа. 1967. № 6. С. 113.

Нет пророка в своем отечестве

В. И. Иванов,

член-корреспондент АМН СССР

Всесоюзный научный медико-генетический центр
Москва

ИМЯ Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского, члена многих академий мира, лауреата международных научных премий, профессора и доктора биологических наук, у нас долго замалчивалось, пока с легкой руки Д. А. Гранина не попало в фокус общественного внимания уже с первыми порывами свежего ветра перестройки. Гранинский «Зубр» стал бестселлером, — сегодня, через 3 года после публикации в «Новом мире», его читают во многих странах.

Но появление этой книги вызвало немало вопросов. Прежде всего для читателей, далеких от биологии, осталась неясной научная биография героя, которая сама по себе достойна внимания. Попробуем хотя бы отчасти восполнить этот пробел.

За долгие годы своей непростой жизни Тимофеев-Ресовский, не удостоенный на родине высоких титулов и наград, сделал столько, что этого хватило бы на добрую дюжину научных биографий. Он проторил ряд новых путей в науке (закономерности проявления генов в развитии организмов, радиационная генетика, биофизика, генетика популяций и микроэволюция) и стал признанным ученым мирового класса.

Начало научной карьеры Николая Владимировича совпало с тяжелым временем интервенции и гражданской войны. Спокойное течение академических занятий прерывалось мобилизацией или заработками куска хлеба преподаванием на рабфаке, а то и просто грузчиком. Но ни военная служба, ни вынужденные подработки не могли уменьшить настойчивости и увлеченности начи-

нающего ученого. Наука с первых шагов в ней и до конца жизни оставалась для Тимофеева-Ресовского главным делом. Уже к 1923 г., не закончив еще университетского курса, он стал образованным зоологом, к мнению которого прислушивались его маститые учителя Н. К. Кольцов и С. С. Четвериков.

Зоолог по призванию и по образованию, Тимофеев-Ресовский сразу включился в экспериментально-генетическую и эволюционную работу, начатую его учителями. В первой генетической работе, посвященной изучению фенотипического проявления мутации жилкования крыльев у дрозофилы, он ввел в научный обиход три фундаментальных понятия феногенетики¹. Два из них касались количественной характеристики реализации генетических задатков в признаках организма. «Самый факт проявления гена в фенотипе» Тимофеев-Ресовский назвал фенотипическим проявлением — пенетрантностью (Penetrantz), а «ту форму и степень проявления, которую признак принимает у отдельных организмов», — фенотипическим выражением — экспрессивностью (Expressivität). Эти термины прочно вошли в генетическую литературу.

Изучение пенетрантности и экспрессивности этой мутации в разных линиях дрозофилы и ее гибридов уже тогда позволило сформулировать третье фундаментальное

¹ Тимофеев-Ресовский Н. В. // Труды II Всерос. съезда зоологов. М., 1925. С. 159—161.



На биостанции «Глубокое». 1925 г.

понятие генетики: «признак, даже просто менделирующий, подвергается воздействию многих генов, и обратно, отдельный ген обладает множественным действием. Это создает представление о целостном действии генотипа и о воздействии наследственной конституции на проявление и выражение отдельного гена»². Так было положено начало современным представлениям о системной регуляции фенотипического проявления генотипа.

Последовавшая затем целая серия работ по феноменологии проявления генов завершилась двумя фундаментальными сводками (так называл этот жанр сам автор) 1934 и 1940 гг., где были суммированы и проанализированы собственные и литературные данные по изменчивости проявления генов и их комбинаций, по гетерогенным группам и множественному действию генов (плейотропии), по типам симметрии и межаллельным отношениям и т. д.³

Распространив принцип системной регуляции с отдельных фенотипических признаков на генетический контроль индивидуального развития, Тимофеев-Ресовский нашел ключ к построению общей теории онтогенеза, позволяющей объяснить, почему в удивительном по своей сложности и стройности ходе развития многоклеточных в должное время в должном месте происходит должное⁴. Таким образом, заложенные более 60 лет назад основы теории онтогенеза сохраняют свое значение и сегодня, конкретизируясь в терминах соответствующих структурно-функциональных изменений, выявляемых на молекулярно-генетическом, клеточно-тканевом и организменном уровнях.

Интересно, что основы развития всех направлений, которые плодотворно разрабатывались Тимофеевым-Ресовским на протяжении его жизни, были намечены им в самом начале творческого пути. Так, большой цикл исследований по генетике популяций был связан с постановкой Четвериковым в 20—30-е годы задачи изучения генотипического состава природных популяций животных. В эту работу включились и супруги Тимо-

² Там же. С. 160.

³ Timofëeff-Ressowsky N. W. // Wissenschaftliche Woche Frankfurt. 1934. Bd 1. S. 92—115; 1 d. // Handbuch der Erbbiologie des Menschen. Berlin, 1946. Bd. 1. S. 32—72.

⁴ Тимофеев-Ресовский Н. В., Иванов В. И. Актуальные вопросы современной генетики. М., 1966. С. 412—433.

фея-Ресовские. Здесь нельзя не отметить, что его жена Елена Александровна была незаменимым помощником и полноправным соавтором многих трудов Николая Владимировича, его верным другом и постоянным спутником.

Эта первая работа по популяционной генетике, начатая в стенах Кольцовского института, как и все прочие, продолжалась и в Берлин-Бухе, куда супруги были командированы в 1925 г. Инбредное размножение в лабораторных условиях мух, отловленных в природе, показало, что и в естественных, и в искусственных популяциях постоянно присутствует множество рецессивных мутаций в гетерозиготном состоянии⁵. Этот вывод, полностью совпадающий с результатами Четверикова, а также с работами Дж. Холдейна, Р. Фишера и С. Райта, лег в основу всей современной генетики популяций.

В результате исследований географической изменчивости популяций, жизнеспособности разных генотипов, радиационной генетики популяций, генетического полиморфизма, а также динамики численности и видового состава популяций дрозофилы разных видов Тимофеев-Ресовский в серии публикаций 1939—1940 гг. заложил фундамент учения о микроэволюции, суть которого сводится к тому, что элементарными объектами микроэволюции являются видовые популяции, а элементарным эволюционным событием — изменение их генотипического состава. Материалом для последнего служат мутации, судьба которых определяется комбинированным действием таких факторов, как мутационный процесс, колебания численности популяций, изоляция, миграция и отбор⁶.

В этом анализе уже полвека назад как нельзя лучше проявилась методология естественнонаучных построений, свойственная автору: вычленять в осмысляемом природном явлении элементарный материал, факторы, воздействующие на этот материал, определять механизм явления, условия, влияющие на ход процесса, и, наконец, элементарные события — продукт воздействия комплекса факторов на материал в конкрет-

ных природно-исторических условиях. По словам Тимофеева-Ресовского, такой подход сложился у него в результате участия в копенгагенских семинарах Нильса Бора. Физики-теоретики нашли в лице Тимофеева весьма чуткого последователя.

Позднее Тимофеев-Ресовский еще раз вернулся к проблеме эволюционной теории и популяционной биологии в двух книгах, написанных совместно со своими учениками⁷.

Уже в первой работе по радиационной генетике (1928) была доказана несостоятельность распространенной тогда гипотезы «присутствия-отсутствия» и намечен дальнейший путь исследований: анализ природы генов и генных мутаций через закономерности действия излучения. Этот цикл работ был завершен в 1932—1934 гг.⁸

Примерно в то же время началось сотрудничество Тимофеева-Ресовского с молодыми немецкими физиками, в частности с экспериментатором-дозиметристом К. Г. Циммером и теоретиком М. Дельбрюком. Выполненные за короткий срок совместные работы по изучению радиационно-индуцированных мутаций, а также пионерские работы по нейтронному облучению принесли всей биофизической группе авторитет признанных лидеров. В мировую сокровищницу радиационной и молекулярной генетики вошла работа «О природе генных мутаций и структуре генов», известная также как «Зеленая тетрадь» (по цвету обложки) или «Работа трех мужчин» (по числу авторов)⁹. Это был прекрасный результат продуктивной кооперации ученых, взаимно дополняющих друг друга: Циммер обеспечивал самую точную дозиметрию излучений в опытах, Дельбрюк разрабатывал изящные математические решения задач о размерах эффективных объемов или областей, попадание в которые необходимо для единичных мутаций, и, наконец, Тимофеев-Ресовский, бывший душой всего дела, не только непосредственно скрещивал дрозофил и учитывал мутации, но и привнес в работу идеи Кольцова о «наследственных молекулах». По-видимому, и здесь сыграло свою роль его

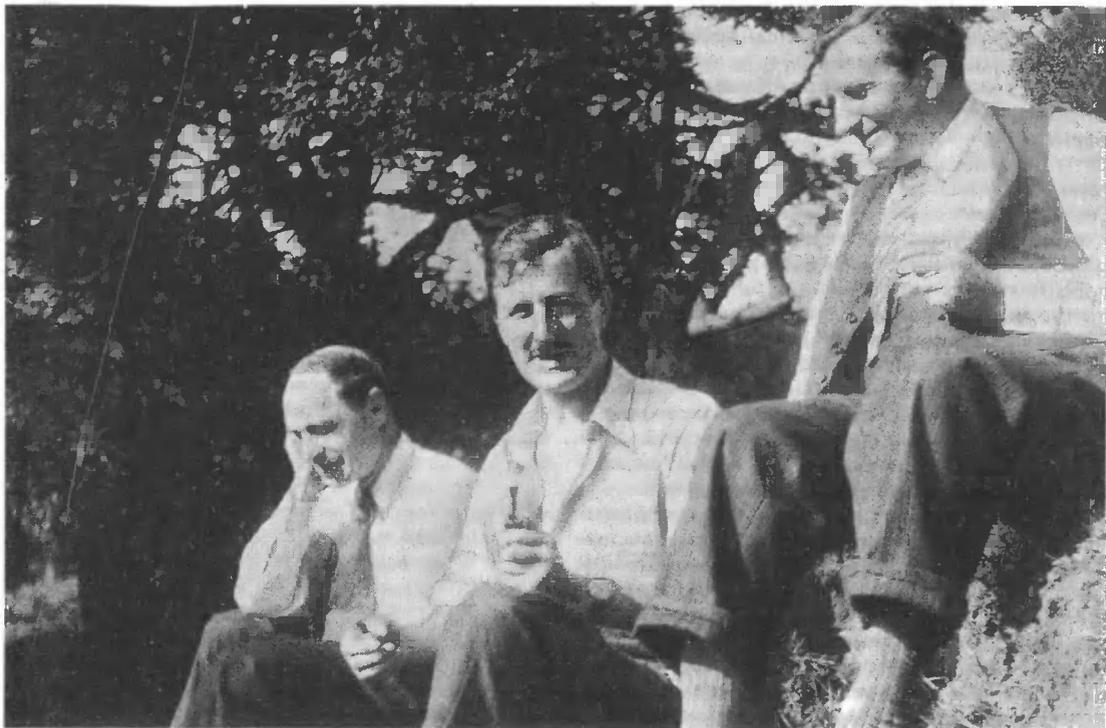
⁵ Timoféeff-Ressovsky H. A. und N. W. // Wilhelm Rou Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen. 1927. Bd. 109. S. 76—109.

⁶ Timoféeff-Ressovsky N. W. und H. A. // Z. und Abst. Vererb. 1940. Bd. 79. S. 28—49; Timoféeff-Ressovsky N. W. // Z. mol. Abst. Vererb. 1939. Bd. 76. S. 158—218; Id. // The New Systematics. Cambridge, 1940. P. 73—130; Id. // Gesundheitsführung. 1941. № 3. S. 96—97; Тимофеев-Ресовский Н. В. // Ботан. журн. 1957. Т. 42. № 2. С. 161—194.

⁷ Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В. Краткий очерк теории эволюции. М., 1969; Тимофеев-Ресовский Н. В., Яблоков А. В., Глотов Н. В. Очерк учения о популяциях. М., 1973.

⁸ Timoféeff-Ressovsky N. W. // Proc. 11th. Intern. Congr. Genet. 1932. Vd. 1. P. 308—330; Id. // Biological Reviews. 1934. Vol. 9. № 4. P. 411—457.

⁹ Timoféeff-Ressovsky N. W., Zimmer K. C., Delbrück M. // Nachr. Ges. Wiss. Göttingen. Biologie. N. Y., 1935. Bd. 1. S. 189—245.



Участники V Международного генетического конгресса. Слева направо: Г. Меллер, С. Дарлингтон, Н. В. Тимофеев-Ресовский. Берлин. 1927 г.

приобщение к «копенгагенскому кругу Бор».

Значение этой работы трудно переоценить: она привела не только к формулировке основ современной радиационной генетики, но и к определению в «домолекулярные» времена вероятного размера отдельного гена — примерно 300 атомных радиусов для сферической модели, т. е. величины макромолекулярного порядка. На основе предложенной физической модели гена и механизма генных мутаций ген рассматривался как некоторое дискретное множество атомов с автономными свойствами, а генные мутации — как изменение положений атомов внутри генов или диссоциации химических связей за счет флуктуаций тепловой энергии либо поглощений из внешних источников.

Судьба этой работы и ее роль в развитии молекулярной генетики связаны с именем выдающегося австрийского физика, лауреата Нобелевской премии Э. Шредингера: его знаменитая книга «Что такое жизнь?», сыгравшая колоссальную роль в становлении интересов физиков и химиков — «отцов

современной молекулярной генетики, по сути, популяризовала «Зеленую тетрадь»¹⁰.

Радиобиологическое и биофизическое направления, так успешно начатые в тесном содружестве в середине 30-х годов, продолжались и в последующих работах. Книга Тимофеева-Ресовского и Циммера «Биофизика. Принцип попадания в биологию»¹¹ вышла в Лейпциге в 1947 г., когда сами авторы занимались этими вопросами уже на Южном Урале, причем первый из них работал там отнюдь не по вольному найму, а по приговору суда 1946 г., вменившего ему в вину невозвращение в СССР в 1937 г. Итог биофизической линии радиобиологии был подведен уже в Обнинске в двух коллективных монографиях¹².

Помимо биологических эффектов облучения Тимофеев-Ресовский интересовался и поведением радиоактивных веществ в живых системах. По существу¹³ это были одни из первых работ по применению метода

¹⁰ What is life? The physicist's viewpoint. Cambridge, 1944; Что такое жизнь с точки зрения физики? М., 1946.

¹¹ Biophysik. Bd. 1. Das Trefferprinzip in der Biologie.

¹² Тимофеев-Ресовский Н. В., Иванов В. И., Корогодин В. И. Применение принципа попадания в радиобиологии. М., 1968; Тимофеев-Ресовский Н. В., Савич А. В., Шальнов М. И. Введение в молекулярную радиобиологию. М., 1981.

меченых атомов в биологии, «предки» современных эффективных методов радиационной диагностики. Развитие этого направления в экологическом аспекте привело к обширному циклу исследований по миграции микроэлементов в биосфере, привлекавших самое пристальное внимание Тимофеева-Ресовского последние 30—35 лет. Возникнув из решения практических задач прогнозирования последствий радиоактивного загрязнения и разработки методов борьбы с ними, в итоге оно привело к созданию новой научной дисциплины — радиационной биогеоценологии. Его особая заслуга состоит в том, что он подчеркивал способность живого вещества адсорбировать, накапливать и способствовать миграции радионуклидов как особую геохимическую функцию.

В биогеоценологических работах проявилась глубокая приверженность Тимофеева-Ресовского традициям русского естествознания, т. е. комплексного изучения «с числом и мерою» природных феноменов, взятых в единстве их взаимосвязей и взаимообусловленностей, системно. Продолжая традиции Докучаева, Вернадского и Сукачева, он подошел к природным явлениям не только и не столько как биолог, почвовед или геохимик, но прежде всего как естествоиспытатель, натуралист. Особое место отводил Тимофеев-Ресовский глобальной проблеме «биосфера и человечество», которую он считал «проблемой № 1» современного естествознания. «Жизненная необходимость человечества делает совершенно неизбежным вынесение «проблемы № 1» в конкретный план всего естествознания. В нашей стране к этому нас обязывают и передовые традиции отечественной науки, и важность ее решения», — так писал он в «Природе» в 1970 г.¹³ Эти слова, сказанные более 20 лет назад, не потеряли актуальности и сегодня.

Самый беглый рассказ о жизни в науке Тимофеева-Ресовского вряд ли вызовет сомнение в заслугах ученого перед отечественной и мировой наукой. Однако такие сомнения все же возникли. Появление «Зубра» привлекло к его личности общественное внимание. Ученики и последователи Николая Владимировича подняли вопрос о посмертной реабилитации ученого. Вот тут-то и разгорелись страсти высокого накала, в полемику включились и защитники доброго имени ученого, и его яростные противники.

Что же вменяется сегодня в вину профессору Тимофееву-Ресовскому, спустя почти 9 лет после смерти? Попробуем разобраться в этом, пользуясь известными источниками. Наиболее подробно позиция Главной военной прокуратуры по вопросу о реабилитации Тимофеева-Ресовского изложена Д. Ильиным и В. Провоторовым, генерал-майором юстиции, старшим помощником главного военного прокурора, заслуженным юристом РСФСР в статье «Кто Вы, доктор Тимофеев-Ресовский?»¹⁴

В этой статье дан достаточно конкретный, но вызывающий массу вопросов ответ: «Расследованием установлено, что Тимофеев-Ресовский Н. В., будучи гражданином СССР и руководя германским государственным научно-исследовательским учреждением, лично сам и совместно с подчиненными сотрудниками занимался исследованиями, связанными с совершенствованием военной мощи фашистской Германии, ведущей тотальную войну против Советского Союза, чем совершил измену Родине в форме перехода на сторону врага, т. е. преступление, предусмотренное ст. 58—1 «а» УК РСФСР в редакции 1926 г.» Очевидно, что это серьезное обвинение существенно отличается от приговора суда 1946 г. Но чем вызвана такая метаморфоза — желанием очернить память большого человека и ученого или преподнести кому-то урок?

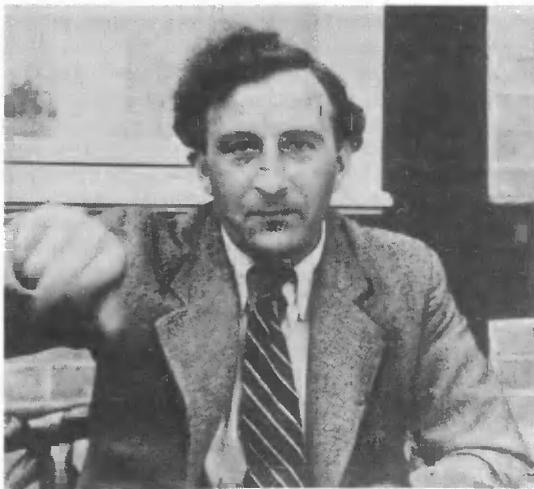
За годы жизни в Германии (1925—1945) Тимофеев-Ресовский не только не руководил, но и вообще не работал в «германском государственном научно-исследовательском учреждении». Ведь Институт исследования мозга, в котором работал Тимофеев-Ресовский, принадлежал Обществу содействия наукам им. кайзера Вильгельма (ныне Общество М. Планка) — и тогда, и теперь неправительственной организации.

Оставим в стороне обсуждение достоинств и недостатков главного героя повести Гранина и обратимся к «вновь открывшимся обстоятельствам уголовного дела Тимофеева-Ресовского. В 1937 г. Н. В. Тимофеев-Ресовский отказался вернуться на Родину. Дополнительным расследованием, проходившим в 1988—1989 гг., установлено: невозвращение Тимофеева-Ресовского в тех конкретных обстоятельствах не может быть квалифицировано как измена Родине. С этим нельзя не согласиться.

Но ведь в прижизненном приговоре 1946 г. «невозвращение» было чуть ли не единственным обвинением. Теперь, призна-

¹³ Тимофеев-Ресовский Н. В. Биосфера и человек // Природа. 1970. № 8. С. 9.

¹⁴ Здесь и далее цит. по: Наш современник. 1989. № 11.



В Берлин-Бухе. Конец 30-х годов.

вая неправомерность этого обвинения, авторы, морально порицая такой поступок, рассуждают о «касте» ученых, их «аполитичности», которую они называют «аморализмом... сверхчеловека, который уже неизбежно — без бога в душе — живет по принципу «все дозволено». Подобные рассуждения наводят на весьма грустные мысли.

Что же теперь составляет главное обвинение? Вот выписка итогового документа Главной военной прокуратуры — «Постановления о прекращении производства по вновь открывшимся обстоятельствам»:

«Из имеющихся в деле документов следует, что по военным заказам ...поступившим из Имперского исследовательского совета, Министерства авиации и Верховного командования сухопутных сил, отделом (институтом) генетики, возглавляемым Тимофеевым-Ресовским, проводились следующие разработки:

- исследование биологического действия лучей нейтрона;
- изменение длины и силы лучей нейтрона;
- методы выработки радиоактивных элементов;
- изобретение радия искусственным лабораторным путем;
- действие рентгеновских лучей на организм человека;
- изыскание краски для освещения приборов самолета;
- использование рентгеновских лучей как средства борьбы против «неприятельских самолетов»;

— влияние космических лучей на летчиков при полетах на большой высоте;

— выработка способов предохранения работающих с радиолучами (т. 11, л. д. 151—164)».

Полнейшая безграмотность ряда содержащихся в этой пространной цитате положений свидетельствует — составители этого текста сами не являются специалистами в физике и биологии и не опирались на квалифицированную экспертизу, что лишает данное «Постановление» какой бы то ни было доказательности. Если же преодолеть дилетантскую бессмысленность формулировок, то окажется, что речь идет о биофизических исследованиях Тимофеева-Ресовского и других авторов в разных странах, опубликованных в открытой печати еще до второй мировой войны, о чем было рассказано выше.

У «экспертов» из Главной военной прокуратуры помимо претензий к биофизическим работам Тимофеева-Ресовского есть «серьезные доказательства» участия Тимофеева-Ресовского в разработке расовой теории фашизма. Что же имеется в виду?

Речь идет о статье Тимофеева-Ресовского «Экспериментальные исследования наследственной отягощенности популяций», опубликованной в 1935 г. в нерегулярном приложении к листку сообщений общества врачей «Erbarzt». Авторы, не мудрствуя лукаво, смешивают в одну кучу биологию с антропологией, генетику животных и растений с расовой теорией. Так, они утверждают, что «элиминация менее приспособленных особей в результате естественных селекций (скверный перевод «Natural selection» Ч. Дарвина, в России с XIX в.— «естественный отбор») была кредо Тимофеева-Ресовского». Лестно, но несправедливо — Дарвин обосновал это на три четверти века раньше. В других случаях они путают географические расы у биологических видов с фашистским расизмом и т. д. и т. п.

В действительности эта работа представляет собой научно-популярное изложение принципов популяционной генетики, где попутно делаются экстраполяции в область генетики человека. Авторы, конечно, правы, утверждая, что, опираясь на данные генетики животных и растений, Тимофеев-Ресовский делал заключения о значении биологических феноменов для понимания проблем наследственного здоровья человека. Пользуясь терминологией германоязычной генетической литературы тех лет, Тимофеев-Ресовский обозначал эти проблемы (наследственного здоровья человека, т. е. медицинской генетики) как проблемы «расовой гигиены». И тут резвые авторы причисляют его к расистам.



В оранжееве на объекте 0211. Конец 40-х годов.

И сразу попадают впросак. Наверное, им неизвестно, что общее понятие «расовая гигиена» в немецкой научной литературе довоенных лет охватывало такие позже ставшие диаметрально противоположными области, как зачатки гуманистической послевоенной медицинской генетики и шовинистической расовой «теории», паразитировавшей на науке.

Цитируемые авторами положения о роли снижения давления отбора в накоплении генетического груза в популяциях человека, о доминантных мутациях и мутациях жизнеспособности, о географо-генетических различиях и т. п. провидчески предвосхищают реальные закономерности генетики человека, лишь в послевоенные годы обоснованные прямыми наблюдениями, а не экстраполяцией из мира животных и растений.

Что же касается того, что нацистские расисты апеллировали к работам Тимофеева-Ресовского по генетике животных и растений для «обоснования» своей бесчеловечной социальной политики, то его обвинение в этом так же несостоятельно, как было бы беспочвенным обвинять Ньютона в том, что под действием силы тяжести иногда падают самолеты.

Есть и еще одно «серьезное» обвинение — участие Тимофеева-Ресовского в экспериментах на людях. Чтобы разобраться в этом вопросе, обратимся сначала к струк-

туре Института исследования мозга¹⁵. Основанный в 1914 г. О. Фогтом (до 1937 г. — директор) институт состоял из 10 отделов, занимавшихся методической и исследовательской работой (в том числе и отдел генетики, руководимый Тимофеевым-Ресовским), и экспериментальной клиники. С 1937 г., когда институт возглавил невропатолог Шлатц, по инициативе которого отдел генетики получил самостоятельность, осталось 7 исследовательских отделов и клиника, с 1941 г. превратившаяся в военный госпиталь. Поскольку отдел генетики вел самостоятельную работу по тематике, в основном соответствующей научным интересам своего руководителя (о чем рассказано выше), опыты на людях совершенно исключались.

Вместе с тем критики Тимофеева-Ресовского неоднократно утверждали, что в опытах по оценке скорости кровотока у человека с помощью радиоизотопов тория-Х испытуемые получали 14—20 смертельных доз¹⁶. Вряд ли это можно воспринимать всерьез. Тем более что из первоисточников известно, что испытуемые получали индикаторные дозы (0,03 мг-экв. радия). Более того, эти опыты сотрудники Тимофеева-Ресовского можно считать прообразом современной безопасной радиоизотопной диагностики.

Таким образом, по моему твердому убеждению, выводы, сделанные Главной военной прокуратурой в ходе повторного расследования дела Тимофеева-Ресовского, абсолютно неубедительны. Такого же мнения придерживаются и эксперты из ГДР, которые провели подробный анализ деятельности Н. В. Тимофеева-Ресовского в Берлин-Бухе.¹⁷

Хочется надеяться, что справедливость восторжествует и доброе имя Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского будет восстановлено. С такой просьбой вновь обратилась Комиссия АН СССР по научному наследию Н. В. Тимофеева-Ресовского, которую возглавляет академик О. Г. Газенко.

¹⁵ Vogt C., Vogt O. // Naturwissenschaften. 1939. Bd 2. S. 1—14.

¹⁶ Эта оценка, опубликованная в журнале «Наш современник» (1989, № 11, с. 139) принадлежит доктору химических наук Т. А. Сереев, в прошлом начальнику объекта 0211. Как известно, в Германии в 1944—1945 гг. для лечения больных (в том числе и детей) спондилитом и костным туберкулезом использовали торий-Х (Ra²²⁴) в тех же «якобы смертельных дозах» (Москалев Ю. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов М. 1989.) Малые дозы тория-Х применяются в терапии и сегодня. — Прим. ред.

¹⁷ Президент АН ГДР профессор В. Шелер любезно предоставил нам результаты экспертизы, проведенной АН ГДР в 1988—1989 гг. К сожалению, объем документов — 60 страниц — исключает возможность их журнальной публикации. Однако заверяем читателей, что выводы комиссии целиком совпадают с позицией автора статьи. — Прим. ред.

Экспериментальные исследования наследственной отягощенности популяций*

Н. В. Тимофеев-Ресовский

НАСЛЕДСТВЕННАЯ отягощенность населения, т. е. более или менее широкое распространение наследственных заболеваний среди населения, не является специфичным для человека. Если определить процентное содержание — долю индивидов с патологическими отклонениями в популяциях свободноживущих животных, то подобное популяционно-статистическое исследование свободноживущих видов животных обнаружит существенно меньшую отягощенность, чем у людей. Это обусловлено более сильным естественным отбором, господствующим среди свободноживущих популяций животных и растений. Жертвами этого естественного отбора становится большая часть индивидов с патологическими отклонениями. Рецессивные признаки, как известно, распространены в гораздо большем количестве в гетерозиготном состоянии в свободноживущих популяциях, чем это можно предположить по числу редко выщепляющихся гомозиготных индивидов. У объектов, удобных для разведения и генетически хорошо изученных, можно определить также концентрацию рецессивных наследственных признаков в гетерозиготном состоянии в популяции. Для этого нужно развести как можно больше индивидов, отловленных в свободной природе. С помощью соответствующих скрещиваний можно тогда обнаружить наследственное сцепление, генотип отловленных в природе индивидов в течение 2-3 поколений.

Такой расчет концентрации рецессивных, отклоняющихся от нормы, наследственных признаков проведен прежде всего у известной плодовой мушки дрозофилы.¹ Оказалось, что уже при разведении относительно небольшого количества мух появля-

ется довольно много выщепляющихся рецессивных наследственных признаков. Например, при выращивании примерно 80 оплодотворенных в природе самок дрозофилы (из берлинской популяции) получено 12 новых выщепившихся наследственных признаков, из которых часть у исходных самок или у самцов (которые этих самок оплодотворили в природных условиях) уже присутствовали в гетерозиготном состоянии; так что почти четверть всех свободноживущих и фенотипически нормальных мух — это гетерозиготные носители рецессивных признаков, не относящихся к нормальному типу. Некоторые из рецессивных наследственных признаков были с такой высокой частотой распространены в популяциях, что они выщеплялись уже в первом поколении, а это возможно лишь тогда, когда исходные самки и оплодотворившие их самцы содержат соответственно рецессивные наследственные зачатки². В основном сходные отношения обнаружены и в других популяциях того же самого вида³: в свободноживущих популяциях *Drosophila obscura*⁴, в свободноживущих популяциях *Drosophila funebris* (Тимофеев-Ресовский, неопубл.) Разные популяции одного и того же вида «отягощены» по-разному (от 3 до 40) и содержат частично одинаковые, но в большей части (прежде всего это касается географически далеко отстоящих друг от друга популяций) различные рецессивные наследственные признаки. Особенно четко популяции отличались по частоте распространения в них различных рецессивных признаков. Из этого следует, что содержащиеся в разных популяциях рецессивные отклонения от нормы имеют различное географическое распространение. Большие промежутки (1—3 года, причем у дрозофилы за один год развивается много поколений) между повторными иссле-

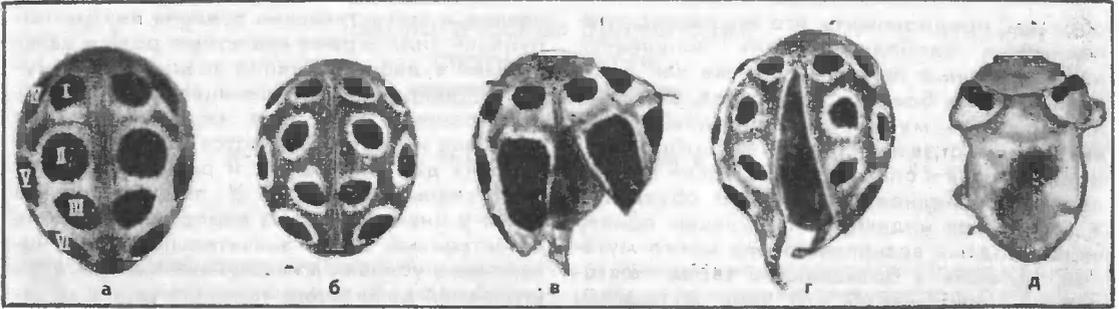
* Пер. с нем.: Timoféeff-Ressovsky N. W. Experimentelle Untersuchungen der erblichen Belastung von Populationen // Der Erbarzt. 1935. Bd. 2. № 8. S. 117—118.

¹ Timoféeff-Ressovsky H. A. und N. W. // Roux Arch. Entwmech. 1927. Bd. 109. S. 70—109; Tschetverikov S. S. // Verh. 5. intern. Kongr. Vererb. 1928. Sd. 2.

² Timoféeff-Ressovsky H. A. und N. W. // Roux Arch. Entwmech. 1927. Bd. 109. S. 70—109.

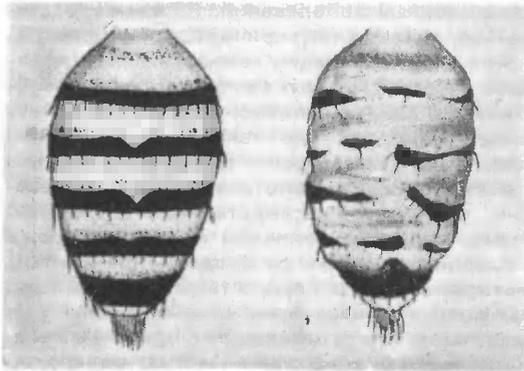
³ Tschetverikov S. S. // Verh. 5. Intern. Kongr. Vererb. 1928. Bd. 2; Дубинин Н. П. и др. // Журн. экспер. биол. 1934. Т. 3.

⁴ Gerschenson S. // Amer. Naturalist. 1934. V. 68.



а — надкрылья нормальной *Epilachna chrysomelina*, Балканская раса; б — надкрылья *Epilachna chrysomelina*, Малоазиатская раса; в — мутация *Divergens* в генотипе Балканской расы; г — та же мутация у Малоазиатской расы; д — та же мутация в культуре, содержащей

ген-модификатор (усилитель), не имеющий собственного фенотипического проявления. *Divergens* сильно снижает жизнеспособность, плодовитость и продолжительность жизни и может рассматриваться как тяжелое наследственное заболевание элитр.

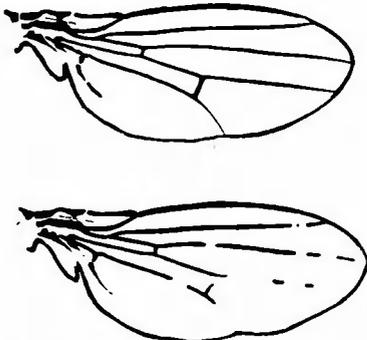


Слева — нормальное брюшко *Drosophila funebris*; справа — мутация, часто возникающая в свободноживущих популяциях — *Abnormes Abdomen* (аномальное брюшко). Гетерозиготы несколько более жизнеспособны, чем мухи нормального типа; гомозиготы имеют сниженную жизнеспособность и плодовитость.

дованиями одних и тех же популяций также выявляют различия и по типу, и по концентрации гетерозиготных рецессивных наследственных признаков. Отсюда вытекает, что распространение и концентрация этих признаков подвержены не только пространственным, но и временным колебаниям.

То же самое показано и на других объектах, исследованных, конечно, не в столь обширных опытах. У божьей коровки *Epilachna chrysomelina* различные популяции содержат в гетерозиготном состоянии и с разной частотой ряд рецессивных или слабодоминирующих наследственных признаков, которые вызывают развитие частично нейтральных, но частично четко патологических наследственно обусловленных признаков⁵. У млекопитающих также наблюдается выщепление рецессивных наследственных признаков при инцукте (близкородственное скрещивание) внешне нормальных, выловленных в природе животных. В этом же журнале описаны К. Циммерманом некоторые случаи выщепления наследственных болезней домашних мышей из дикой популяции.

Таким образом, установлено, что свободноживущие популяции различных видов животных с относительно высокой частотой содержат ряд рецессивных наследственных признаков в гетерозиготном состоянии. Эти наследственные признаки в огромной своей части идентичны тем, которые возникают в результате мутаций в лабораторных популяциях. Так же как и в лабораторных культурах, вновь возникшие мутации представляют собой более или менее сильные, частично явно патологические отклонения от нормы (рис. 1, 2, 3). Мы могли бы, таким



Вверху — нормальное крыло дрозофилы; внизу — крыло с распространенной в гетерозиготном состоянии мутацией *Abnormes Adern* (аномальные жилки) из среднегерманской популяции этих насекомых. Гетерозиготные мухи имеют очень слабо измененные крылья и нормальную жизнеспособность; гомозиготы [показаны крылья гомозигот] имеют значительно сниженную жизнеспособность.

⁵ Timoféeff-Ressovsky N. W. // Nachr. Ges. Wiss. Göttingen. N. F. 1935. Bd. 1. S. 163—180.

образом, предположить, что эти распространенные в свободноживущих популяциях наследственные признаки, так же как и наследственные болезни у человека, возникли в результате мутаций в природных условиях и, несмотря на естественный отбор, поддерживаются в определенном числе в популяциях. Последнее необходимо объяснить. У миллионов индивидов популяции одного вида с годами возникает очень много мутаций, которые в большинстве своем повторяются. Мы знаем, что под мутациями понимаются все переходы от очень сильных патологических отклонений до «мелких» мутаций⁶, вызывающих едва заметные отличия от исходного типа (по морфологическому или физиологическому признаку). Некоторые из «малых» мутаций и совсем небольшое количество из «крупных» при определенных условиях и в определенной доле популяций благоприятны для вида; тогда они поддерживаются с помощью положительного отбора и включаются в нормальный тип вида или отдельной породы. Селекционный процесс при этом не следует представлять себе в примитивной форме, так как биологическая ценность вновь возникших мутаций в большинстве своем относительна и судьба новых мутаций зависит как от внешних условий, в которых живет подавляющая часть популяций вида, так и от наследственной конституции индивидов, у которых распространяются новые мутации⁷. Большинство «крупных» мутаций в большей или меньшей степени снижают относительную жизнеспособность организма, часто вызывают также морфологические дефекты и поэтому могли бы быть обозначены как наследственные заболевания, они подвержены отрицательному отбору и должны бы уничтожаться. Однако, нередко бывает, что рецессивные и слабо доминантные мутации, вредные в гомозиготе, в гетерозиготе — нормальны или даже обладают повышенной жизнеспособностью. Например, последнее иллюстрирует случай представленных на рис. 2 мутаций "Abnormes Abdomen" у *Drosophila funebris*. Известно, что все мутации возникают в гетерозиготе, поэтому отбор испытывают сначала гетерозиготы, а не гомозиготы. Поэтому могут сохраняться и даже распространяться известные патологические мутации. Кроме того, различные биологи-

ческие и статистические условия внутри популяций вида играют известную роль в дальнейшей судьбе постоянно возникающих мутаций; например, на границах области распространения вида, где часто образуются островки инцухта, создаются благоприятные условия для сохранения и распространения рецессивных мутаций.⁸ У людей, прежде всего у цивилизованных народов, у которых естественный отбор значительно менее интенсивен, условия для сохранения и распространения даже очень патологических мутаций еще благоприятнее; этим объясняется то, что человеческие популяции отягощены даже целым рядом доминантных наследственных заболеваний. Поэтому для изучения наследственности у человека, как и для расовой гигиены, имело бы особое значение не только установление частоты (доли) наследственных заболеваний, но также постепенный анализ географического распространения и концентрации гетерозиготных носителей наследственных болезней. Это способствовало бы не только расово-гигиеническому контролю, но также облегчило бы выяснение некоторых трудных вопросов этиологической и генетической классификации известных наследственных болезней. Таким образом могли бы выявляться даже различные мутации со сходным фенотипом (гетерогенные группы), а также можно было бы показать, что одни и те же гены под действием и в комбинации с другими генами — модификаторами — могут обнаруживать хорошо заметные фенотипические различия.⁹ Последнее, например, представлено на рис. 3 — случаи мутации *Divergens* у *Eriachna* у двух разных рас и, кроме того, в присутствии определенного гена — модификатора — выявляются хорошо видимые фенотипические отличия. Знание ареала распространения отдельных наследственных болезней могло бы вместе с другими опорными точками иметь большое значение для будущей генетической классификации известных групп болезней; особенно потому, что прямая проверка идентичности двух мутаций путем скрещивания у человека невозможна.

© Перевод с немецкого В. А. Мглинец

⁶ В аур Е. // Z. indukt. Abst. Vererb. 1923. Bd. 37; Тимофеев-Ресовский Н. В. // Журн. exper. биол. Сер. А. 1925. № 1. С. 93—142.

⁷ Timoféeff-Ressovsky N. W. // Z. indukt. Abst. Vererb. 1934. Bd. 66. S. 319—344; Nahr. Ges. Wiss. Göttingen. N. F. 1935. Bd. 1. S. 163—180.

⁸ В авил о в Н. И. // Бюлл. прикл. ботаники, генетики и растениеводства. 1927. Т. 17.

⁹ Timoféeff-Ressovsky N. W. Verknüpfung von Gen und Aussenmerkmal. 1934. Leipzig.

Биологические применения счетных трубок

Х. И. Борн, Н. В. Тимофеев-Ресовский и К. Г. Циммер

В ТЕЧЕНИЕ последнего десятилетия получила развитие одна из областей биологии, для которой очень важно измерять самые малые количества радиоактивных веществ или очень небольшие дозы излучения. Речь идет прежде всего об использовании индикаторного метода с радиоактивными изотопами (т. е. наблюдения за организмами после введения в них радиоактивных веществ), измерении естественных, а также введенных в организмы извне в токсических количествах радиоактивных веществ и измерении совсем незначительных доз излучений при защите от облучения. Развитие этой области биологии связано в первую очередь с созданием адекватных методов измерения, среди которых главным следует назвать метод Гейгера.

Измерения радиоактивных излучений претерпели значительное развитие с тех пор, как были изобретены и усовершенствованы методики счета отдельных частиц. Несмотря на обилие простейших инструментальных методов измерения, таких как сцинтилляционный, наиболее важные результаты получены при быстром внедрении электрического счета, который скоро оттеснил другие методы на задний план. Это не удивительно, поскольку электрические методы — не только объективны и наименее трудоемки, но также, благодаря автоматизации, чрезвычайно производительны и чувствительны (подсчет числа частиц в единицу времени). Поэтому не будет преувеличением сказать, что разработанные Гейгером (частично с соавторами) электрические методы легли в основу экспериментального решения многих проблем, в которых измерение излучений играет первостепенную роль. Это относится к обширным областям современной физики, в особенности к бурно развивающейся в настоящее время атомной физике; в равной степени это относится и к таким областям биологии, как физиология и экспериментальная медицина, в которых применение новых электрических методов счета уже дало мас-

су прекрасных результатов. Прежде чем перейти к изложению главного предмета нашей статьи, следует вкратце упомянуть биологические работы, в которых были использованы электрические методы счета.

Наиболее старому методу измерения, с помощью иглового счетчика, описанному Резерфордом и Гейгером в 1909 г.¹, здесь можно не уделять внимания, поскольку для решения биологических проблем он используется редко. Напротив, очень важную роль сыграли электронные счетные трубки, описанные Гейгером и Мюллером в 1928 г.², которые получили распространение в виде многочисленных модификаций. Для интересующих нас областей применения наиболее удобны трубки «классического» варианта подсчета отдельных столкновений с подходящим усилителем, облегчающим механическую регистрацию, а также использование технических новинок, при которых важен не столь подсчет отдельных столкновений, сколь измерение интегрального потока.

Оба варианта пригодны для решения технических вопросов измерения, особенно в случаях индикаторного метода с искусственными и естественными радиоактивными веществами. Они применимы также для решения совсем других проблем, например защиты от излучений или диагностики загрязнения радия — и в этих случаях счетные трубки дают превосходные результаты. Как показал Раевский³, подобные световые счетчики пригодны и для измерений ультрафиолетовых и видимых лучей.

Приведем примеры работ из различных областей, где счетные трубки служат измерительными приборами.

Использование счетных трубок лежит в основе биологического индикаторного метода с радиоактивными изотопами. Сущность метода в том, что наблюдаемое вещество «метят» очень небольшим количеством ра-

Пер. с нем.: Born H. J., Timoféeff-Ressovsky N. W., Zimmer K. G. *Biologische Anwendungen des Zählrores.* // *Die Naturwissenschaft.* 1942. Bd. 30. S. 600—603.

¹ Rutherford E., Geiger H. // *Physik. Z.* 1909. Bd. 10. S. 1.

² Geiger H., Müller V. // *Physik. Z.* 1928. Bd. 29. S. 839.

³ Rajewsky B. N. // *Strahlenther.* 1931. Bd. 39. S. 194; *Ann. Physik.* 1934. Bd. 20. S. 13.

диоактивного изотопа в виде простых веществ или соединений. Возможность регистрации отдельных частиц радиоактивного распада с помощью счетных трубок позволяет использовать незначительные количества веществ по сравнению с обычными концентрациями, применяемыми при химическом и даже микрохимическом количественном анализе.

Ранее в ряде биологических исследований уже применялся индикаторный метод с естественными радиоактивными атомами. С его помощью можно было, например, определять нахождение и распределение в теле тяжелых элементов, таких как свинец, радий и висмут. В таких опытах измерительным прибором часто был и электроскоп. Появление искусственных радиоактивных изотопов различных элементов значительно расширило возможности индикаторного метода. Несмотря на то, что большинство искусственных радиоактивных изотопов получают в настоящее время лишь в незначительных количествах, наличие их хорошо регистрируется чувствительными счетными трубками. В последние годы индикаторный метод с искусственными радиоактивными изотопами все чаще применяется в биологии, и, вероятно, область применения счетных трубок будет значительно расширяться. Нам хотелось бы на нескольких примерах обрисовать лишь многообразие этих областей, не претендуя на полноту и подробности при изложении различных возможностей применения метода.

Если растения выращивают на питательном растворе, содержащем фосфор, то фосфат можно пометить радиоактивным фосфором и путем определения активности следить за поглощением и распределением фосфора. Результаты одного из таких исследований показаны в табл. 1. Пример изучения распределения и интенсивности обмена фосфора в различных органах животного после инъекции приводится в табл. 2. Индикаторный метод особенно ценен при изучении распределения токсических веществ, действие которых ощутимо даже при крайне малых количествах, и поэтому обнаружить их особенно трудно. Для иллюстрации этого в табл. 3 и на рис. 1 приведены примеры исследования распределения мышьяка.

Наряду с такого рода задачами, в которых индикаторный метод облегчает аналитическое определение, возникают и другие возможности, например изучение диффузии веществ через клеточные и иные мембраны, а также обмена элементов между различными соединениями в организме, причем в данном случае возможна «метка» лишь

Таблица 1

Поглощение и распределение фосфора в растениях табака*. [По: Born H. J., Lang A., Schramm G., Zimmer K. G. // Naturwiss. 1941. Bd. 29. S. 222]

Последовательность листьев снизу	Сухой вес, мг	Активность		
		част./мин	% от внесенной	на 100 мг сухого веса
15	17,8	226	4,71	1270
13	45,5	379	7,90	832
11	74,8	311	6,48	416
9	62,2	202	4,21	325
7	65,4	176	3,67	269
5	57,8	132	2,75	228
3	54,3	39,4	0,82	72,5
1	27,0	0	0	0

* Растения выращивали в фосфатном питательном растворе, содержащем радиоактивный фосфор. В конце опыта в питательном растворе определяли содержание радиофосфора.

Таблица 2

Содержание фосфора и радиофосфора в различных органах крыс через 72 ч после внутривенного введения фосфата натрия, содержащего радиофосфор. [По: Born H. J. // Naturwiss. 1940. Bd. 28. S. 476]

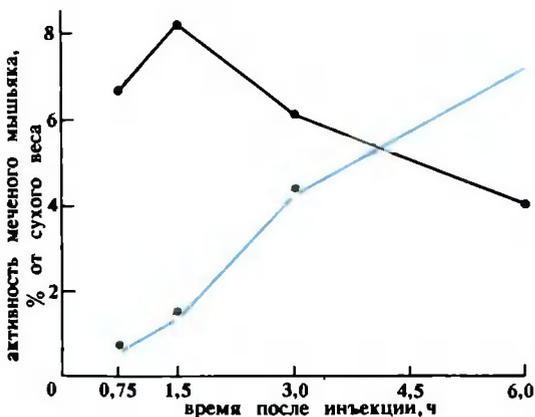
Исследуемый материал	Фосфор, мг	Активность, част./мин	Активность/содержание фосфора
Череп	33	460	14
Зубы	11,1	132	11,9
Нижняя челюсть	11,5	184	16
Бедро, сустав	9,8	340	34,7
Бедро, метафиз	9,6	138	14,4
Почка	5	246	49
Печень	22,7	1650	73
Селезенка	4,5	326	73
Щитовидная железа	1,3	82	63
Желудок, кишки	37	1590	43
Половые органы	1,6	150	94
Мозг	4	76	19

отдельными группами атомов. Для иллюстрации можно привести примеры исследования обмена атомов хлора, фосфора и натрия между плазмой крови и форменными элементами. Эти результаты, представленные на рис. 2, свидетельствуют об исключительно больших различиях между этими тремя изотопами в физиологическом отношении. Вопросы, связанные с использованием индикаторного метода, не могут быть, однако, освещены во всей полноте.

Таблица 3

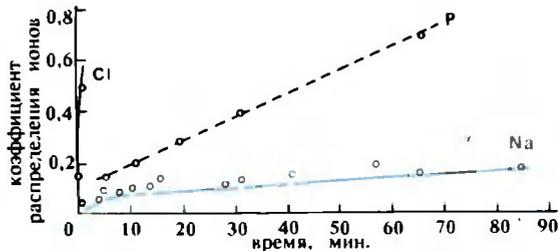
Радиоактивность [на 100 мг биомассы, част./мин] мышьяка в органах мышей, погибших через разное время после инъекции. [По: Born H. J., Timoféeff-Ressovsky N. W., Zimmer K. G. // Umschan. 1941. Bd. 45. S. 83]

Орган	Время гибели, ч				
	1,5	3	6	18	22
Кровь	96,1	47,7	3,8	—	—
Печень	8,3	6,7	2,9	2,3	1,8
Почка	27,5	24,1	9,4	7,8	2,8
Селезенка	14,3	10,8	4,9	1,7	—
Гонады	1,4	2,8	10,8	1,3	—
Моча	469	858	313	47,6	—



Зависимость концентрации радиоактивного мышьяка от времени после инъекции в слюнную железу (цветная линия) и половую железу (черная линия) домашних мышей. В слюнной железе мышьяк обнаруживается очень быстро; в половой железе максимальное его количество наблюдается в первые 6 ч. [По Борну и Тимофееву-Ресовскому.]

Другая группа работ посвящена мечению элементарных биологических частиц, например вирусов и фагов, радиоактивными атомами для выяснения их строения и обмена веществ непосредственно в организме хозяина. В табл. 4 приведены результаты опытов по мечению вируса табачной мозаики; при этом удается встроить радиофосфор в молекулу вирусного белка. С этой целью растения табака выращивали на питательном растворе, содержащем радиоактивный фосфор, и через определенные промежутки времени инфицировали вирусом. Выделенный через несколько недель вирусный белок оказался радиоактивным. Поскольку для дальнейшего использования



Распределение меченых ионов между форменными элементами и плазмой крови при 37 °C. [По: Hallin O., Hevesy G. // Asta Physiol. scund. 1942. Vol. 3. P. 193.]

Таблица 4

Опыты по биологическому синтезу вируса табачной мозаики в присутствии радиоактивного фосфора*. [По: Born H. J., Lang A., Schramm G., Zimmer K. G. // Naturwiss. 1941. Bd. 29. S. 222]

Фракция	Содержание фосфора, мг	Активность	
		частиц/мин	на 1 мг фосфора
Остаток после отжима	3,2	6370	1990
Осажденные хлоропласты	0,58	2295	3960
Диализат	1,95	903	463
Растительный белок	0,158	163	1030
Вирусный белок	0,207	211	1015

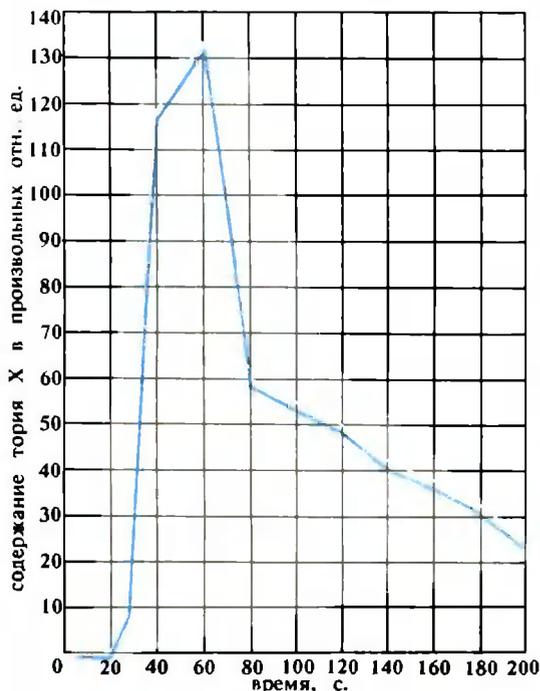
* Растения табака выращивали на питательном растворе, содержащем радиоактивный фосфор, инфицировали вирусом и после его размножения обрабатывали соответствующим образом.

меченых вирусных молекул очень важно прочное соединение радиофосфора в молекулах, необходимо было выяснить, обменивается ли встроенный радиофосфор с немеченым фосфором в растворимых фосфатах. Как видно из табл. 5, обмен не происходит. Путем инъекции радиоактивного изотопа в личинки двукрылых, выделения гигантских ядер слюнных желез и измерения активности можно определить проникновение определенных химических элементов в клеточные ядра, а при благоприятных условиях — исследовать таким образом хромосомы.

В качестве последнего примера хотелось бы привести еще одно возможное применение метода индикаторов. Чтобы определить скорость кровотока, можно также использовать радиоактивный изотоп в очень малом количестве. Так, если в вену одной из

Таблица 3
Распределение радиоактивного фосфора между
диализатом и вирусным белком. [По:
 Schramm G., Lang A., Born H. J. //
 Naturwiss. 1942. Bd. 30.]

№	Фракция	Количество белка, мг	Содержание фосфора, мг	Активность	
				частиц/ мин	на 1 мг фосфора
1.	Очищенный вирусный белок	58	0,23	115	500
2.	Очищенный вирусный белок, диализованный 3 дня	55	0,22	120	545
3.	Очищенный вирусный белок, диализованный 6 дней	58	0,23	109	474
4.	Диализат к 2	—	150	1	0,01
5.	Диализат к 3	—	150	1	0,01



Содержание тория-X (Ra^{226}) в крови, взятой из левой локтевой вены, после инъекции в правую локтевую вену. [По: Gerlach J., Wolf P. M., Born H. J. // Arch. experim. Pathol. 1942. Bd. 199. S. 83.]

конечностей ввести торий-X, то вскоре его можно обнаружить в небольшой пробе крови, взятой из одноименной вены другой конечности. Первоначальное появление и по-

следующее распределение тория-X в пробах крови позволяют сделать заключение о скорости циркуляции крови. Результаты одного из таких исследований на человеке показаны на рис. 3.

Помимо вышеупомянутых, наиболее значительных областей применения счетных трубок в биологии, объединенных под общим названием метода индикаторов, есть и другие, правда, не столь важные. Можно ожидать, особенно при дальнейшем усовершенствовании вспомогательных средств, что важность таких работ возрастет, поскольку определенные задачи можно решить только с помощью счетных трубок. В этой связи стоит упомянуть важную в здравоохранении проблему защиты от излучений, т. е. создания приборов, быстро регистрирующих самые малые по интенсивности излучения. Сходные проблемы возникают при диагностике заражения радиоактивными веществами. Здесь измерительные счетные трубки просто незаменимы. Дальнейшее развитие исследований, начатых Вернадским⁴, о видоспецифическом содержании и накоплении радиоактивных элементов в организмах также зависит от технического совершенства измерительных методов.

Еще одна, как представляется, важная, но до сих пор полностью не разработанная область применения счетных трубок лежит в сфере таких биологических работ, где необходимо регистрировать самые незначительные по интенсивности излучения в области видимого и ультрафиолетового света. При дальнейшем развитии этого метода здесь следует ожидать решающих результатов в решении вопроса о природе так называемого митогенетического излучения или относительно многочисленных утверждений о стимулирующем действии самых малых доз излучений на биологические объекты.

Все вышеупомянутые работы, как уже подчеркивалось вначале, — лишь примеры различных возможностей применения счетных трубок в биологии. Число и разнообразие таких работ значительно. С увеличением количества нейтронных генераторов и их усовершенствованием будут появляться все новые искусственные радиоактивные изотопы, доступные для биологических исследований. И вместе с тем для дальнейшего применения метода индикаторов — главной области использования счетных трубок в биологии — будут открываться все новые возможности и возникать все новые задачи.

© Перевод с немецкого Е. Н. Сокуровой.

⁴ Вернадский В. И. // Докл. АН СССР, А., 1929. № 2.

Учитель

В. И. Корогодин,
доктор биологических наук
Объединенный институт ядерных исследований
Дубна

ПЕРВЫЕ ВСТРЕЧИ

Весной 1956 г. по биофаку МГУ, где я тогда работал, прошел слух, что, мол, в Москве появился какой-то Тимофеев-Ресовский, который жил в Германии, сотрудничал с фашистами, сидел в тюрьме, теперь его выпустили и разрешили лекции читать. Менделист-морганист. Узнав, где будет лекция, я отправился туда... Зал был переполнен. Из-за кулис вышел коренастый плотный мужчина с гривастой головой. Оглядел зал. Снял пиджак, повесил на спинку стула. И заговорил... Я не запомнил темы и содержания лекции, кажется, что-то о биогеоценологии. Поразили тогда речь — превосходная русская речь, без малейшего (ожидавшегося) акцента — и ясность изложения, нами никогда неслыханная... Зачарованные и несколько оглушенные впечатлениями, мы вернулись на кафедру.

Тем же летом вместе с группой сотрудников кафедры биофизики я был в командировке на Южном Урале, где работал реактор, охлаждаемый водой из озера. Вода, естественно, содержала радиоактивность. Нам предстояло определить, сколь долго это озеро можно эксплуатировать. Несколько недель мы брали пробы воды, грунта, водных растений, моллюсков, рыб, определяли содержание в них радиоактивных изотопов. Лишь к концу работы кто-то подсказал, что в «закрытой» библиотеке, в «особой папке», хранятся отчеты ранее работавших здесь экспедиций. Оказалось, что уже несколько лет разные люди делали одну и ту же работу, получая идентичные, никуда далее спецотдела не идущие результаты, излагаемые в единственном экземпляре сухим, канцелярским языком... Но вдруг среди этой груды макулатуры мы обнаружили несколько папок с отчетами из «Пункта С» — превосходные научные работы по радиобиологии и радиационной цитологии, радиоэкологии пресноводных водоемов и т. п., выполненные под руководством заклю-

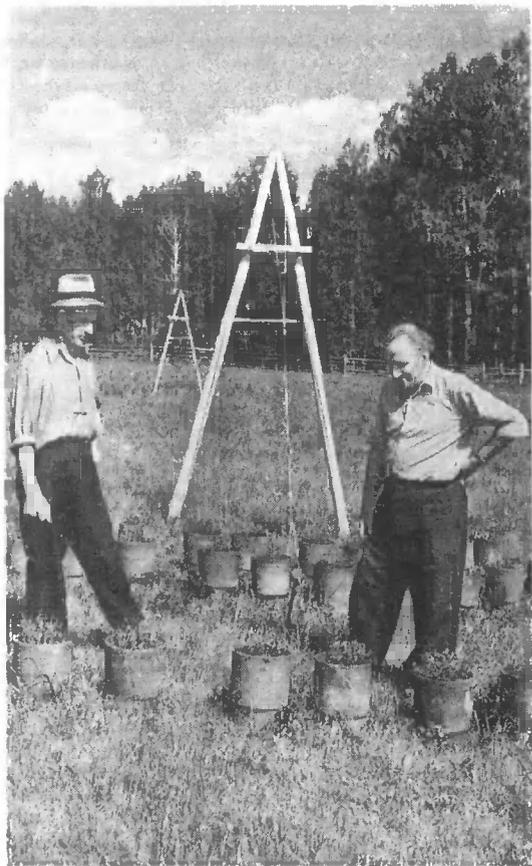


В оранжерее.

ченного Н. В. Тимофеева-Ресовского и подписанные тогда никому не известными именами: Е. А. Тимофеева-Ресовская, Н. В. Лучник, Н. А. Порядкова, Е. Н. Сокурова, Л. С. Царапкин¹. Запоем, как детектив, читал я эти заживо похороненные порождения интеллекта, на несколько лет опередившие западные публикации на подобные темы. Я увидел, что такое настоящие научные работы...

Вернувшись в Москву, я уже с нетерпением ожидал сведений о новом приезде Николая Владимировича, решив во что бы то ни стало с ним познакомиться. Осенью выяснилось, что он будет читать лекцию на механико-математическом факультете МГУ, на кафедре А. А. Ляпунова. Тогда мы уже знали, что лаборатория биофизики Института биологии Уральского филиала

¹ Все эти отчеты спустя много лет были рассекречены и опубликованы в открытой печати.



Еще один опыт. С. Н. М. Макаровым. Миассово. Конец 50-х годов.

Е. Н. Тимофеева-Ресовская.



АН СССР, которой руководил в Свердловске освобожденный из заключения Тимофеев-Ресовский, располагает биостанцией на берегу одного из уральских озер — Большого Миассова, в Ильменском заповеднике. Отправляясь на лекцию, мы решили спросить разрешение провести там летом отпуск и тотчас получили согласие.

Летом 1958 г., защитив кандидатские диссертации и получив дипломы, мы с Г. Г. Поликарповым (он работал в Севастополе) приехали в Миассово. Обстановка на биостанции поражала полным отсутствием формализма, фальшивых понятий «трудовая дисциплина» и «рабочий день», напротив, отличалась органическим слиянием жизни и работы. «Науку надо делать без звериной серьезности», — любил говорить Николай Владимирович, и это здесь воплощалось в жизнь. Работа в лабораториях, экскурсии по заповеднику, обсуждения на семинарах и во время застолий, шутки друг над другом и над вновь прибывающими, лекции по генетике, специально читавшиеся Николаем Вла-

димировичем для гостей, — все создавало непередаваемое ощущение праздника, полноты жизни, торжества духа...

На семинарах в Миассове, в беседах с сотрудниками Николая Владимировича и, конечно, с ним самим получали оценку результаты наших работ, идей, планов, и не только оценку, но и корректировку, и осмысление, чего неизменно требовал от нас всех Николай Владимирович. Это было, пожалуй, даже важнее просветительской роли его лекций, из которых многие (и я в том числе) впервые узнали, что такое формальная генетика, пресловутый «вейсманнизм-менделизм-морганизм». Все это приводило к тому, что побывавшие в Миассове как бы несли на себе особую печать, нечто вроде зеленой чалмы правоверных, посетивших Мекку...

Шла осень 1958 г. Дрозофила вернулась на биофак МГУ через 10 лет после ее изгнания. Так мы отметили 10-летие «исторической сессии ВАСХНИЛ». А обстановка на биофаке оставалась мерзкой. Попытка декана Л. Г. Воронина организовать лекцию



Перед лекцией. Биологический факультет МГУ. Слева направо: М. М. Асланян, Т. Т. Поликарпов, А. Н. Тюрюканов, Н. В. Тимофеев-Ресовский, В. И. Корогодин, Д. М. Глазер.

Николая Владимировича в один из его приездов в Москву провалилась: партбюро воспротивилось приглашению «этого фашиста». Вход ему был открыт лишь на кафедру биофизики, руководимую Б. Н. Тарусовым, где Николай Владимирович трижды выступал. Присутствовавшие на одной из лекций студенты кафедры генетики решили пригласить его на заседание научного студенческого общества. Организовал это выступление председатель НСО Д. М. Глазер (тогда третьекурсник, ныне — доцент кафедры генетики)².

Надо сказать, задача была не из легких. С одной стороны, на предварительное при-

глашение Николай Владимирович ответил бурным отказом — ему претило повторение неудавшейся попытки Воронина. С другой — ясно было и то, что партийные организации биофака, и особенно кафедр генетики и дарвинизма, будут категорически против. Новый заведующий кафедрой генетики В. Н. Столетов, одновременно министр высшего и среднего специального образования, сделал карьеру во времена Лысенко. Однако, предвидя скорый крах Лысенко, он заигрывал с «недобитыми» генетиками и поэтому дал согласие на лекцию Николая Владимировича. Доклад был назначен на следующий день. Николай Владимирович вообще любил выступать перед молодежью, здесь же и отклик был адекватный — ведь аудитория была биологической. Доклад носил методологический характер и завершился утверждением, что «ученый, как боксер, должен уметь бить противника из любой позиции». Аплодисменты, возгласы, все формы изъяснения восторга. Затем состоя-

² Я благодарен Д. М. Глазеру за присланные воспоминания об этом событии, использованные ниже с его разрешения.



На биологической школе в Можайске. Слева направо: Р. Л. Берг, Н. В. Тимофеев-Ресовский, А. А. Прокофьева-Бельговская, Н. Б. Паншин. Конец 60-х годов.

лось знакомство Николая Владимировича со Столетовым и — главное, на что мы рассчитывали, — официальное предложение прочитать курс генетики на кафедре генетики МГУ — такой же, какой он уже прочел на кафедре генетики Ленинградского университета...

Теперь мы часто виделись с Николаем Владимировичем — каждый его приезд в Москву. И в одну из таких встреч он сообщил мне, что ему предложили организовать институт, недалеко от Свердловска для изучения загрязнения радиоактивными изотопами обширной территории в результате недавней аварии на хранилище радиоактивных отходов¹. Николай Владимирович собирался стать научным руководителем института, а меня приглашал административным директором. Моя мечта о совместной работе казалась реальной, и я, не раздумывая, согласился. Тотчас принялись за работу: разрабатывали проект института, уточняли задачи, структуру, перечень необходимых помещений, оборудования, список предполагаемых сотрудников и т. д.

За день-два всё было готово и передано в соответствующие инстанции. Вскоре меня пригласили оформлять бронь на московскую прописку и получать назначение. И тут я узнал, что Тимофеев-Ресовский в этом институте работать не будет и даже не будет «допущен» к нему как консультант... Я, конечно, отказался ехать на Урал, как и многие другие. Не знаю, кто был повинен в «отставке» Николая Владимировича, но в результате этот институт так и не был создан, и мы упустили уникальную возможность всесторонне изучить последствия загрязнения радиоактивными изотопами больших территорий и разработать научные основы мероприятий по их последующему использованию. Никакие фрагментарные работы ни на самом месте аварии, ни в различных «ящиках» или в родившемся много лет спустя под Обнинском ВНИИсельхозрадиологии и его филиалах не могли восполнить этот пробел — отсутствие систематической, по единой программе, комплексной разработки проблемы радиоактивных загрязнений. В результате к чернобыльской катастрофе мы оказались совершенно неподготовленными...

В ОБНИНСКЕ

В начале 1962 г. я стал сотрудником только что организованного Института меди-

¹ Кыштымская авария крупным планом // Природа. 1990. № 5. С. 47—76.

цинской радиологии АМН СССР, директором которого был Г. А. Зедгенидзе. Институт был новый и, кажется, с большим будущим. Я решил уговорить директора пригласить в институт Н. В. Тимофеева-Ресовского. При первом же удобном случае я заговорил об этом с Зедгенидзе. «Тимофеев-Ресовский? — переспросил он. — Знакомая фамилия... Он не работал под Берлином?» «Работал, — ответил я, — в Берлин-Бухе, заведовал отделом генетики в Институте мозга». «А! Там я его и видел. Я был в комиссии по ознакомлению с немецкими институтами. У него в лаборатории — такие установки...» «Эти же установки у него и здесь, в Свердловске». «Как, разрешили вывезти?» «Он их и сюда перевезет, если к нам поступит...»

Через несколько недель, проведя «разведку», я сообщил директору, что никакие запреты на Тимофеева-Ресовском не «висят», что ему можно проживать в любом месте и занимать любую должность. «Очень хорошо. Остальное за мной. Мы его попросим прочитать лекцию. Вы нас вторично познакомите, и мы его пригласим работать».

«Вторичное знакомство» произошло примерно через полгода, у меня на квартире. За обедом Зедгенидзе предложил Николаю Владимировичу перейти в наш институт. И он тотчас согласился, заявив, что сам он «родом из Калужской губернии» и ему «приятно будет помереть на родине». В течение следующего года в Обнинск переехали из Свердловска сотрудники Николая Владимировича. Сам он возглавил отдел радиобиологии и экспериментальной генетики, куда, помимо двух лабораторий, вошла еще лаборатория молекулярной радиобиологии (ею заведовал Ж. А. Медведев), а позже — группа медицинской генетики (которой руководил Н. П. Бочков) и лаборатория радиационной иммунологии (заведующий К. П. Кашкин). Ядро лаборатории экспериментальной генетики составили «свердловчане»: Е. А. Тимофеева-Ресовская, В. И. Иванов, Н. П. Глотов, а также вскоре поступившие к нам И. Д. Александров, Е. К. Гинтер, Ю. Д. Абатуров, А. Н. Тюрюканов, Ю. М. Свирижев и В. А. Мгленец. Вскоре удалось добиться в ВАК присуждения Николаю Владимировичу степени доктора наук (по совокупности работ), а затем и звания профессора; ведь у него не было не только кандидатской степени, но даже диплома о высшем образовании, и он получал какую-то мизерную зарплату.

Последующие несколько лет, до конца 60-х годов, были, пожалуй, лучшим периодом для института и, конечно, для нас — сотруд-



«Я памятник себе...» Можайск. Конец 60-х годов.

ников Николая Владимировича. Директор очень хорошо относился к нашему отделу, и особенно к Николаю Владимировичу. «В нашем институте, — говорил он, — есть два типа ученых: те, кому я показываю иностранцам, и те, кого я показываю иностранцам». Наша лаборатория принадлежала ко второй, немногочисленной, группе. Отношение директора к нам основывалось на принципе «Не мешать работать!» Отдел занимал превосходные помещения, имел все необходимое, заведующие лабораториями сами подбирали себе сотрудников, сами намечали тематику исследований. Мы не ощущали никакого администрирования. Зедгенидзе ценил в других людях чувство собственного достоинства и умение самостоятельно работать и не скрывал этого. Такое отношение очень импонировало нам всем и, конечно, весьма способствовало той открытой, свободной и творческой атмо-



С. А. И. Солженицыным. Обнинск. 1966 г.

сфере, которая так естественно формировалась вокруг Николая Владимировича.

Творческая атмосфера — это когда работаешь с удовольствием, когда ходишь на работу, как на праздник, когда твои успехи радуют и окружающих, а неудачи или ошибки порождают не злопыхательство, а стремление помочь. Желание работать. Умение гордиться своей работой и здраво оценивать ее результаты. Отношения между сотрудниками, когда значение имеет не диплом, степень, должность или возраст, а только результат... Все это естественно и неизбежно складывалось вокруг Николая Владимировича, настолько естественно, что работавшим со студенческой скамьи только с ним казалось, что так и должно быть, что иначе просто не бывает.

И, что особенно важно, Николай Владимирович был «критерием значимости». Отсутствие такого критерия — хроническая болезнь нашей науки. Общественное мнe-

ние ученых, научных работников практически исчезло — ведь оно у нас ничего не значит. «Большие ученые» тоже потихоньку как-то «слиняли»: после того, как продвижение по служебной лестнице, награды и почести стали зависеть не от результатов работы, а от умения угодить начальству; после того, как почетное академическое звание обернулось кормушкой, прижизненным лакомым кусочком, подкормкой «за верную службу», возникло несоответствие общественного положения и научных заслуг большинства «ученых мужей», и их мнение «критерием значимости» быть перестало. Взамен пошли в ход суррогаты: число публикаций, особенно в зарубежных журналах; умение воспроизвести данные, не очень давно опубликованные зарубежными авторами; ссылки на твои работы — особенно в зарубежной литературе... Наша наука становилась все более подражательной... Но и такой суррогат не всем доступен, добираться до него — долго и тяжело. А для поддержания тонуса «критерий значимости» должен сбавлять постоянно, это как бы «обратная связь», корректирующая

твой путь. Николай Владимирович был «критерием значимости» так же естественно, как дышал или пил чай. Это свойство его проявлялось всегда: в «трепе за кофейком», в распросах при обходе лабораторных помещений, отчетах и докладах на семинарах — когда он подводил итоги, «отделяя существенное от несущественного», и даже когда он «вышибал дура» из докладчика или аспиранта, прочитавшего ему свою первую статью.

Сотрудники других лабораторий и институтов — и дипломники, и академики — считали честью выступить на нашем семинаре и удостоиться одобрения Николая Владимировича. Нередко «трепы» и общения, начатые на семинаре, продолжались вечером у Тимофеевых-Ресовских, где собирались подчас самые разные люди — от лаборантов и аспирантов до таких широко известных ученых, как И. Е. Тамм, И. В. Обремов, С. В. Вонсовский, О. Г. Газенко, Л. А. Блюменфельд, Б. Л. Астауров, В. В. Сахаров, А. А. Прокофьева-Бельговская, Л. Н. Гумилев и многие другие, историки, искусствоведы, психиатры, экономисты, кинорежиссеры — кого только не перевидели мы на знаменитых тимофеевских вечерах, продолжавшихся практически ежедневно почти 10 лет.

Жили Тимофеевы-Ресовские недалеко от вокзала, в небольшой, из трех комнат (одна — проходная) квартире, так называемой «хрущобе». Маленький кабинетик со старыми диваном и письменным столом, вдоль стены — стеллажи с книгами; комната Елены Александровны — единственная комната с новым мебельным гарнитуром, и гостиная (она же столовая, она же — спальня для гостей, которые нередко здесь ночевали) с большим столом посередине, проигрывателем, книжными стеллажами вдоль стен и картинами Олега Цингера, как правило, даже без рам. («Он так их нам и дарил!»)

Вечера у Тимофеевых-Ресовских были столь же естественной и неизменной составляющей нашей жизни в Обнинске, как и будни, а подчас и воскресенья, проводимые в лабораториях. К ним можно было прийти всегда, ежедневно, часов в 7 вечера. На звонок выбегал Николай Владимирович; если было холодно — снимал с вас пальто и сам вешал на вешалку (прощаясь — провожал и подавал пальто) и, введя в гостиную, предлагал садиться «где хотите». Если гостей набиралось много, они постепенно «диффундировали» в кабинет и даже в спальню, размещаясь на чем только возможно. Независимо от того, сколько было гостей, появлялся чай, кофе. И Елена

Александровна, этот ангел-хранитель Николая Владимировича и всех нас, поила нас. Николай Владимирович уверял, что так было всегда — и в Свердловске, и в «Пункте С», и в Берлин-Бухе... Собирались мы у Тимофеевых-Ресовских часто и по праздникам — на Новый год, на Пасху.

Хотя в эту квартиру мог прийти кто хотел, это не означало, что любой был желанным гостем. Если Николай Владимирович посчитает кого-либо непорядочным, он мог сказать об этом в лицо и предложить не бывать более у них в доме; однажды я сам был свидетелем такого эпизода. Порядочность — обычная нормальная человеческая порядочность — почиталась им более, чем прочие (в том числе и научные) достоинства. Он был убежден, что непорядочный человек не может успешно заниматься научной работой, и нередко говаривал: «Главное, чтобы человек был хорошим».

На тимофеевских «четвергах» обсуждали новые книги или кинокартины, интересные научные статьи, слушали музыку, Николай Владимирович рассказывал разные эпизоды из своей богатой событиями жизни. Очень любили Елена Александровна и Николай Владимирович, когда у них собиралась молодежь, даже организовали молодежные музыкальные вечера, где слушали классическую музыку и лекции о творчестве разных композиторов. Потом эти вечера тоже поставили в вину Николаю Владимировичу — дескать, «растлевал молодежь».

Семинары и обсуждение текущей работы в отделе; вечерние «чаи»; лекции и доклады в Москве, Ленинграде, Ереване, Минске, Душанбе и других городах для научных работников и студентов; выступления в Обнинске и других местах Калужской области перед агрономами, учителями, школьниками, милиционерами и пожарными... Николай Владимирович никому не отказывал — он считал своим долгом нести знания всем, кто хочет их получить...

И при этом — постоянная научная работа, обсуждение планов и результатов, шедших под непосредственным его контролем: по генетике популяций и фенотипике дрозофилы, радиационной генетике арабидопсиса, радиобиологии почвенных микроорганизмов, радиационной цитологии млекопитающих, отчеты и диссертации многочисленных аспирантов из Армении, Украины, Таджикистана; работа над статьями и книгами, зачастую переходившая в диктовку своим соавторам. За обнинский период с учениками и сотрудниками других институтов написано пять монографий, где достоверно выверены все факты, ссылки,



В гостях у учителя. В. И. Иванов (с л е в а). Обнинск. Середина 70-х годов.

отшлифована каждая фраза — и это при том, что писать (точнее, диктовать) книги он не любил, долго не соглашался приступить к очередной, ругался и ворчал.

В эти годы Николай Владимирович получил крупные научные награды: медаль Л. Спалланцани (Италия), Дарвиновскую медаль (ГДР), Менделевскую медаль (ЧСФР) и Кимберовскую премию (США). За границу его, конечно, «не пустили» и, в нарушение всех правил, их вручали ему в Москве.

Николай Владимирович был действительным членом Германской академии естествоиспытателей «Леопольдина» в Галле (ГДР), почетным членом Американской академии наук и искусств в Бостоне, Итальянского общества экспериментальной биологии, Менделевского общества в Лунде (Швеция), Британского генетического общества в Лидсе и Общества им. М. Планка (ФРГ). А в нашем «многоуважаемом и обширном отечестве» Николай Владимирович был почетным членом и членом-учредителем Всесоюзного общества генетиков и селекционеров им. Н. И. Вавилова, действительным членом Московского общества ис-

пытателей природы, Географического общества и Всесоюзного ботанического общества. Но на родине он не получил ни правительственной награды, ни официального поздравления, ни предложения баллотироваться в АН СССР. Руководство Академии его просто не замечало, постоянно игнорировало, хотя лично многие академики были с ним близко знакомы. И дело тут, видимо, не в том, что он был «опальным» или «политически неблагонадежным». Решающую роль, думается, сыграл его целостный, независимый характер, неспособность идти на компромиссы, предательство, подхалимаж — другими словами, то, что всегда, в любой ситуации, он оставался самим собой. Это, вероятно, служило укором многим, сохранившим и упрочившим свое «положение» множеством компромиссов и умалчиваний, на что Николай Владимирович был абсолютно не способен.

Партийные власти Обнинска и Калужской области, в отличие от научных властей Москвы, отнюдь не игнорировали Николая Владимировича. Его независимые суждения, его стиль держаться, ни перед кем не заискивать и называть вещи своими именами, видимо, изрядно досаждали им с самого начала. Расплата наступила после подавления «Пражской весны». Тогда повсюду дружно

усилилась реакция. В Обнинске начали «шерстить» партийное и гражданское начальство; вместо весьма либерального первого секретаря горкома прислали совсем другого; в жизни института на первое место встали наглядная агитация, политчасы, соцсоревнование, уборка картофеля, заготовка сена и т. п. Вскоре потребовали, чтобы директор уволил Ж. А. Медведева, заведовавшего лабораторией в нашем отделе. Следующей жертвой был Тимофеев-Ресовский. Ему через начальника отдела кадров предложили уйти на пенсию, и он написал заявление. Его «выпрощивали» без торжественного заседания ученого совета, без приказа с благодарностью, без «памятных подарков». В отделе мы устроили проводы Николая Владимировича с шампанским, цветами, тостами, слезами. Затем он уехал домой, чтобы никогда больше в институте не появляться...

Теперь мы почти ежедневно собирались у них по вечерам. Держались они превосходно, как всегда, ни на что не жалуются. Темы ухода на пенсию все избегали. Через некоторое время Николай Владимирович сообщил, что О. Г. Газенко, его старый друг и директор Института медико-биологических проблем Минздрава СССР, пригласил его консультантом. В этом статусе Николай Владимирович пробыл около 10 лет, вплоть до своей кончины. Первые годы он регулярно, дважды в неделю, ездил в институт для обсуждения планов работы и отчетов, бесед с сотрудниками и чтения лекций, позже, когда это стало ему трудно, сотрудники института приезжали к нему в Обнинск.

Николай Владимирович не мог жить без работы, и статус консультанта его устраивал, лишь бы он мог участвовать в научной жизни. Со всех концов страны к нему приезжали люди, диговались статьи, главы новых книг, а по вечерам — традиционные чаепития. Как будто бы все, как прежде. Но... Беда в том, что в Институте медицинской радиологии продолжалась расправа с бывшим отделом Тимофеева-Ресовского. Организатора и директора института Зеденидзе тоже «выставили» на пенсию. Лабораторию Ж. А. Медведева ликвидировали сразу после его увольнения, лабораторию Николая Владимировича сократили. Вскоре ведущие сотрудники бывшего отдела Николая Владимировича начали переходить на работу (обычно с повышением) в Ленинград, Москву, Новосибирск.

Еще когда не все мы покинули Обнинск, скончалась Елена Александровна. Как всегда, мы праздновали Пасху у Тимофеевых-Ресовских. На этот раз мы подарили Елене Алек-

сандровне золотые часы-кулон, о которых она давно мечтала. Она сшила себе новое голубое платье, которое очень шло ей, была оживленной, даже веселой, выпила коньячку, произнесла тост, что с ней редко бывало. Было очень хорошо, «как раньше». После ухода гостей прилегла немного отдохнуть. Только мы пришли домой — звонит Николай Владимирович: «Приходите, Лелька умерла... Умерла Елена Александровна, как святая, — на Пасху, в светлом настроении, совсем без мучений.

Смерть Елены Александровны Николай Владимирович воспринял трагически. Он не мог ничего делать, ни с кем не разговаривал, только повторял: «Без Лельки я не владею техникой жизни...» Его старались оставлять одного, пытались отвлечь разговорами. Только необычайная живучесть Николая Владимировича позволила ему преодолеть это несчастье — с тем, чтобы постепенно готовиться к собственной смерти. Он наотрез отказался переехать к сыну в Свердловск, или в Москву к родственникам, заявив, что должен умереть здесь и быть похороненным рядом с Еленой Александровной. Не разрешив никому поселиться у него, чтобы за ним ухаживать, — видимо, посторонние в квартире, особенно в комнате Елены Александровны, его раздражали. К нему приезжали и приходили, приносили продукты, готовили еду. В Москву ездил редко, но обязательно в начале каждого лета на панихиду, которую заказывал в маленькой церквушке на Ленинских горах, около университета, где собирались лишь близкие друзья.

Теперь Николай Владимирович все чаще возвращался к разным периодам своей жизни, рассматривал их как бы заново, оценивая с этических позиций. Он подводил итоги. Интеллект его оставался все таким же могучим, хотя сосредоточение на чем-то внешнем давалось все с большим трудом. Итоговым, по существу, был и его последний доклад, прочитанный 28 февраля 1980 г. на заседании Московского отделения ВОГиС и посвященный проблеме эволюции. Новый взгляд на проблему эволюции, не высказывавшийся им ранее, но явно давно созревавший, прозвучал как научное завещание. А осенью 1980 г. в день своего 80-летия (впервые по новому стилю) он собрал в своей квартире друзей с явным намерением попрощаться.

Народу собралось много, с трудом разместились вокруг стола, и Николай Владимирович сказал: «Я прожил счастливую жизнь. А почему? А потому, что вокруг меня всегда были хорошие люди...»



В день 80-летия. Обнинск. 1980 г.

На другой день Николая Владимировича уже совсем слабого, увезли в больницу. Он умирал медленно, но в полном сознании, ни о чем не сожалея, в окружении самых близких людей. Скончался он 28 марта 1981 г., на 81-м году жизни. Похоронили его рядом с Еленой Александровной.

ШКОЛА ТИМОФЕЕВА-РЕСОВСКОГО

Похороны Николая Владимировича не обошлись без казуса. Новая дирекция института боялась гражданской панихиды в конференц-зале, и лишь когда позвонил академик Газенко и сказал, что выезжает на панихиду, «вопрос был решен положительно».

Выступая на панихиде, Газенко сказал, что Тимофеев-Ресовский принадлежал к тому типу ученых, значение которых для развития науки будет все более осознаваться и возрастать с течением времени после их смерти. И относится это в значительной мере к такому, теперь крайне редкому в нашем отечестве, феномену, как научная школа. Школа Тимофеева-Ресовского.

Кто-то из мудрецов сказал, что не учителя подбирают себе учеников, а ученики находят своего учителя. По своей природе Николай Владимирович был Учителем. Он щедрой рукой сеял семена знания в самых разных аудиториях, и если такое семя попадало на подходящую почву, оно прорастало. Я знал людей, придерживавшихся концепций Лысенко и Лепешинской и возвращавшихся из поездки в Миассово убежденными сторонниками «формальной» генетики. Я знаю крупного ученого-фитопатолога, который, будучи студентом философского факультета, из чистого любопытства пришел на лек-

цию Тимофеева-Ресовского, и это круто изменило судьбу: из философа он стал первоклассным биологом.

Учительство Николая Владимировича распространялось далеко за пределы трех стандартных форм: лекций для самых широких аудиторий, циклов лекций и бесед для специалистов и руководства научной работой аспирантов и молодых сотрудников, часто диссертантов или докторантов. Обучал он всей своей повседневной жизнью: речью, манерой общения, уважением к личности человека, доброжелательностью, нетерпимостью ко лжи и верхоглядству, всегдашней готовностью помочь, ярко выраженным чувством собственного достоинства и ответственности за всех соприкасающихся с ним, своей системой этических и духовных ценностей. Каждый заимствовал у него, что мог, согласно своей индивидуальности и форме общения — от внешней манеры держаться или говорить до методологических установок и конкретных направлений исследований.

Общенаучная методология — это, пожалуй, то, что лучше всего характеризует разномасштабную группу специалистов в самых разных областях биологии, претендующих на звание учеников Николая Владимировича. Он учил нас методологии научной работы — напомним, дело происходило 20—30 лет назад, когда «безглавленная» биология только начинала приходить в себя, а головы студентов и аспирантов забивали диаматом и истматом. Высокая требовательность к фактам, умение «отличать существенное от несущественного» и стремление осознать, «почему сие важно», и есть то общее, что объединяет работы на самые разные темы, характерные для его школы.

Николай Владимирович был очень постоянен как в своих привычках и этических принципах, так и в своих научных интересах. Разработка пяти научных направлений, начатая в молодости еще в Москве и Германии, продолжалась и позже в Свердловске и Обнинске. Это общая и радиационная генетика дрозофилы, фенетика, генетика популяций и микроэволюция, общая теория эволюции, радиационная биогеоценология (радиоэкология). Конечно, в реальной работе эти направления нередко переплетались — результаты работы в одном из них давали материал и пищу для размышлений в других.

Непосредственная работа в этих областях, анализ соответствующей литературы и многолетние размышления о природе биологической эволюции были подытожены Николаем Владимировичем в книге «Краткий очерк теории эволюции» и в последнем

научном докладе «Генетика, эволюция и теоретическая биология»⁴. Его кредо сводилось к тому, что в теории эволюции еще не сформулировано достаточно основополагающих принципов, позволяющих логически вывести неизбежность прогрессивного развития, более того, само понятие биологического процесса, интуитивно как будто ясное, еще не получило строгого научного определения. Для решения этой проблемы — центральной в теории эволюции — требуется тесное сотрудничество биологов, физиков, и математиков, считал Николай Владимирович, который и сам всю жизнь тесно сотрудничал с представителями самых разных дисциплин. Этот доклад с полным правом можно назвать научным завещанием Николая Владимировича новому поколению отечественных биологов.

В заключение несколько слов о чтении памяти Н. В. Тимофеева-Ресовского. Они

⁴ Тимофеев-Ресовский Н. В. Генетика, эволюция и теоретическая биология // Природа. 1980. № 9. С. 62.

были задуманы вскоре после его смерти, но провести их долго не удавалось. Партийное начальство то не разрешало (в Обнинске), то хотя и не запрещало, но и не одобряло (в Пущине). Наконец, в 1982 г. группа учеников Николая Владимировича на семинаре в Ереване решила начать эти чтения в Армении, где Тимофеевы-Ресовские не раз бывали. Первые чтения состоялись в Ереване 25—27 мая 1983 г., сборник трудов вышел в том же году. Приглашенных было немного, около 30 человек, почти все — непосредственные ученики Николая Владимировича. Но диапазон тем, обсуждавшихся в докладах, — от радиобиологии клетки до генетики природных популяций и проблемы «Биосфера и человечество» — прекрасно отражал широту интересов и сферу научного влияния Учителя. Вторые чтения прошли в апреле 1986 г. в Чернигове и были посвящены, в основном, радиобиологии. Третьи состоялись опять в Армении в мае 1989 г. Хотелось бы надеяться, что они станут традиционной формой выражения признательности этому замечательному человеку и ученому.

Из писем Н. В. Тимофеева-Ресовского В. Н. Сукачеву

Переписка Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского и Владимира Николаевича Сукачева не была обширной и носила деловой характер. Многие они переговаривали при личных встречах. Их взаимное уважение было огромным. Наблюдая их вместе и в 50-х и в 60-х годах, к которым относятся публикуемые письма¹, я получал истинное наслаждение. Чистота помыслов, человеческая мудрость, огромное научно-творческое напряжение, никакой бытовщины и, повторяюсь, взаимное уважение — все это составляло сущность их общения. Вечно бурный Тимофеев-Ресовский становился раздумчивым и спокойным — обаяние и доброта Сукачева были неотразимы и успокоительны. Обсуждались в основном проблемы [а не судьбы] генетики и биогеоценологии, связь генетики популяций и микроэволюции с биогеоценологией, вопросы возрождения докучаевского генетического почвоведения и т. д.

Вклад Сукачева в создание биосферного естествознания известен, менее известно, что Тимофеев-Ресовский разрабатывал «вернадскологию с сукачевским уклоном» — экспериментальную радиационную биогеоценологию. Применяя метод меченых атомов, он прослеживал пути миграции химических элементов по компонентам биогеоценозов. «Сверхсекретный» Кыштымский взрыв, а теперь и «гласный» Чернобыль говорят о научном предвидении Зубра, взявшегося раньше других за разработку радиационно-биогеоценологических проблем.

О характере взаимоотношений Тимофеева-Ресовского и Сукачева говорит такой, например, эпизод. В глухом лесу мы с Николаем Владимировичем избрали площадки в 1 м² и полили их из лейки раствором радиоизотопов, чтобы проследить, как они распределяются между почвой и растениями. А поскольку в определении растений я был не силен, то предложил называть их по виду: «жирный злак», «тощий злак» и т. д. Николай Владимирович хохотал, но не ругался. У него было свое на уме. Когда же мы кончили опыт, он сказал, что статью надо непременно сдать в «Доклады АН СССР», а для этого предварительно послать академику Сукачеву. Тут я перепугался своей глупости, но он сказал: «Иди, Тюрюканыч, и собери гербарий этих своих жирных и тощих трав, пошлем его Владимиру Николаевичу». И статья вышла. Вместо глупостей новоявленного Линнея в статье, представленной Сукачевым, была добропорядочная латынь, да плюс в письме извинительные скромные слова академика о своем труде над нашим опусом.

¹ Письма Н. В. Тимофеева-Ресовского В. Н. Сукачеву хранятся в Архиве АН СССР: Ф. 1557. Оп. 2. Д. 530.

Оба они были исключительно вежливы и даже галантны. Боже, сколько натерпелся угрызений, когда они обязательно будут при прощании подавать пальто любому гостю. Сейчас одни от этого отвыкли, другие не привыкли, а третьи и не ведают этого.

Когда думаешь о таких замечательных людях, об их благородстве, которое они пронесли через времена гитлеризма, сталинизма и лысенковщины, невольно вспоминаешь о пигмеях, возвышающих голос против Тимофеева-Ресовского. Им не стыдно глгть об опытах на людях и многом другом. Потому мы их не называем, а кодируем буквами или прозвищами. История расскажет об их именах и деяниях.

Нет среди нас ни Николая Владимировича, ни Владимира Николаевича — этих маяков русской интеллигенции. Но в нашей памяти они остаются не только великими учеными, но и в высочайшей степени добропорядочными людьми везде, всегда, на все времена.

© А. Н. Тюрюканов,
доктор биологических наук
Москва

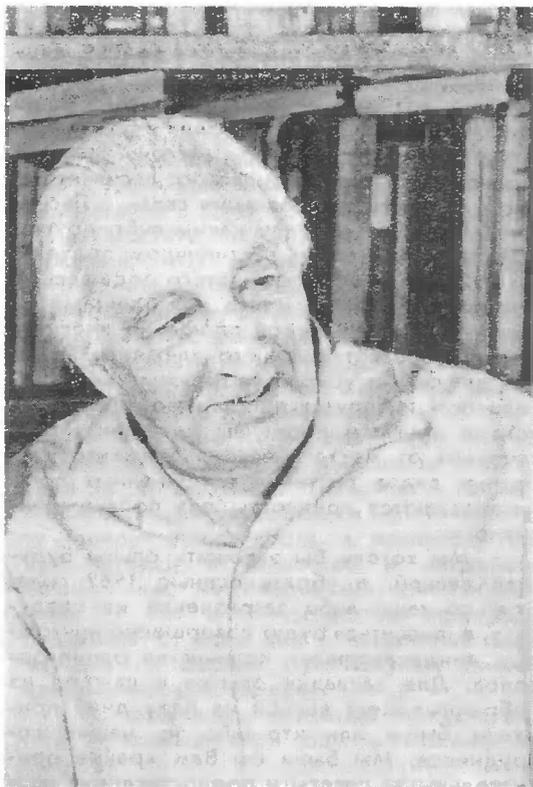
[Миассово]
2.IX.58

Глубокоуважаемый Владимир
Николаевич!

Я только что, с опозданием, получил Ваше письмо, которое мне переслали из Свердловска сюда в Миассово, где мы проводим все лето до конца октября. Спешу ответить Вам на весьма лестное для меня предложение принять участие в сборнике, посвященном Дарвиновским датам. Я сейчас, вместе с Еленой Александровной [Тимофеевой-Ресовской], пишу работу «Экспериментальный анализ географической изменчивости божьих коровок *Epilachua chrysomelina* F. и *Epilachua carpensia* Thunby». Это краткое изложение результатов наших более чем 15-летних работ по экспериментально-генетическому, экологическому и систематико-географическому анализу популяций и подвидов в пределах первоначального вида *Epilachua chrysomelina* F. Изучено наследование большинства морфологических и некоторых физиологических признаков, имеющих систематическое значение, а также модификационная изменчивость различных популяций (в температурных опытах с различными культурами). На весьма обширном живом и музейном материале произведена ревизия систематико-географического распределения подвидов в пределах огромного ареала этого вида (вся Африка, Юго-Западная Азия и Южная Европа). В результате работы исходный вид пришлось подразделить на два (две группы не скрещивающихся друг с другом подвидов), была выяснена генетическая природа внутривидовой изменчивости, намечающееся образование новых подвидов (как в зонах гибридизации уже существующих, так и в результате повышения концентрации отдельных мутаций в группе географически смежных

популяций), а также наметились наиболее вероятные пути видообразования. Эти работы велись нами, совместно с небольшой группой сотрудников, с 1929 по 1946 год. Было опубликовано в свое время несколько отдельных специальных работ, посвященных частным вопросам; но не было подведено итогов всей работы в целом. Работы эти нами никогда уже не будут продолжены; а было бы жаль, если бы огромный материал остался бы неподытоженным, тем более, что число случаев, в которых производилось бы монографическое экспериментальное исследование изменчивости и видообразования внутри определенной, конкретной группы близких форм у животных, весьма невелико. Мы в настоящее время пишем эту работу, собственно, без определенной надежды где-либо ее опубликовать. Получив Ваше письмо, я решил, что она очень подошла бы для такого сборника. Но я очень боюсь, что нам не удастся сократить ее до одного листа, ввиду необходимости дать сравнительно большое число рисунков и приложить относительно длинный список литературы. Есть ли надежда поместить ее в сборник, если нам удастся сконцентрировать ее до полутора листов? Мне очень хотелось бы поместить в этот сборник не общие теоретические рассуждения, а конкретную, большую экспериментальную работу. Во всяком случае, я, как только мы закончим писание этой работы (в ближайшие недели), пришлю Вам манускрипт.

У нас тут в Миассово помаленьку кончается весьма многолюдный и обильный по научным результатам летний сезон. В этом году у нас поработало около 50 научных гостей и студентов из самых разнообразных городов и институтов. Около лаборатории, на высоком берегу озера, раскинулся целый палаточный городок, так как в наших жилых домиках для всех



мест не хватает. Вчера приехал Иван Иванович Судницын из Вашего института; мы с ним договариваемся о совместных опытах в будущем сезоне (применение метода меченых атомов для изучения обмена между корневой системой и почвой через почвенную влагу). Я надеюсь, что на будущий сезон Вы разрешите ему приехать к нам месяца на три. Вчера я закончил чтение для научной молодежи небольшого цикла из семи 2-часовых докладов, посвященные «Общему учению о биосфере в духе В. И. Вернадского и В. Н. Сукачева»; мы все очень жалеем, что не было Вас и мы не могли услышать из первых рук краткое изложение основных проблем общей биогеоценологии. В последнем докладе я закончил вопросом о связи общего учения о биосфере и биогеоценологии с проблемами рационального изучения и использования естественных производительных сил Земли и охраны природы, стараясь внушить необходимость для всех нас постоянно и всеми доступными средствами бороться против безобразного отношения к природе, в особенности к живой природе, и постепенного превращения нашей страны в пустыню.



В конце ноября я надеюсь быть в Москве и повидать Вас. Простите за столь длинное письмо!

С искренними и сердечными приветами Вам и семье Вашей от нас с Еленой Александровной.

Ваш Тимофеев

Москва
7.VI.60

Глубокоуважаемый и дорогой Владимир Николаевич!

Сегодня, в день Вашего восьмидесятилетия, в докладе, прочитанном мною в Научно-исследовательском испытательном институте авиационной и космической медицины (в 10 отделе), а позволил себе, изложив теоретические основы Вашего учения о биогеоценозах, предложить новое, но естественно вытекающее из Вашей биогеоценологии понятие «искусственного замкнутого земного биогеоценоза в космосе». Это та естественно вытекающая из Вашего учения о биогеоценозах форма сообщества, которую мы должны создавать сейчас (со включением аутотрофных организмов, создающих необходимый кислородный режим)

для осуществления в ближайшем будущем длительных полетов человека в космосе; в этих замкнутых сообществах будущего будут участвовать специально отселекционированные гармоничные биоценозы из форм, полученных методами радиационной селекции и экспериментальной биогеоценологии.

Еще раз сердечно поздравляю Вас и желаю Вам прежних неизменных здоровья и бодрости.

Ваш Тимофеев

Миассово
28.IX.60

Глубокоуважаемый Владимир Николаевич!

Недавно вернулся в Миассово из отпуска (первого за 15 лет), который мы проводили на Волге: проехали на туристском пароходе от Москвы до Астрахани и обратно. Это был прекрасный отдых, и, кроме того, мы осмотрели всю новую Волгу и 12 поволжских городов. На обратном пути был пару дней в Москве, но не успел заехать к Вам.

У нас тут возникли новые экспериментально-биогеоценологические планы, в связи с чем обращаюсь к Вам с большой просьбой. Мы хотим методом малых опытных площадок со внесением в них небольших количеств меченых атомов четырех или пяти различных элементов (тех, которые в здешних наших аналогичных опытах ведут себя наиболее по-разному в отношении миграций и концентрации в разных компонентах биогеоценоза) провести серию зональных экспериментов. Для этого мы хотим заложить площадки (около одного квадратного метра) с кобальтом, цинком, стронцием, цезием и церием во всех основных почвенно-климатических зонах, от тундры до юга Средней Азии. У нас уже есть возможность заложить площадки в Салехарде (Нижне-Обская тундра) и в Таджикистане (в пустыне и сухих субтропиках). Намечается возможность на курском черноземе в Стрелецкой степи. Но мы не знаем пока подходящих мест на типичном подзоле и в лесостепи; в этом мы хотели бы попросить совета и помощи. В отношении лесостепи, мне кажется, очень подходящим было бы Теллермановское лесничество², если бы Вы разрешили нам заложить там где-нибудь «на задворках» несколько маленьких площадок. По-видимому, у Вас там найдется местечко с серыми лесными почва-

ми и травянистым покровом, типичным для лесного участка лесостепной зоны. В отношении подзола нам приходит в голову лишь Лисинское лесничество Ленинградской области, но мы там никого не знаем и не имеем никаких других «связей» с подзолом. Может быть, Вы могли бы помочь нам, как в отношении Теллермановского лесничества, так и по части установления связи с Лисинским лесничеством или каким-либо другим подходящим местом на типичном подзоле.

Проведение опытов этого рода весьма просто: выбирается место для площадок, в лунку в центре каждой площадки вносится раствор соответствующего элемента, а через два сезона убирается травянистая растительность и берутся пробы из разных горизонтов почвы и подпочвы на разных расстояниях от места внесения элементов; из разных видов растений и почвенных проб изготавливаются препараты для просчета активности.

Мы хотели бы заложить опыты будущей весной, а убрать осенью 1962 года. Бояться каких-либо загрязнений не следует, т. е. внеситься будет совершенно ничтожные «индикаторные» количества радиоизотопов. Для закладки опытов в каждое из избранных мест весной на пару дней приехали бы я или кто-либо из наших сотрудников. Мы были бы Вам крайне признательны за советы и предоставление возможности провести такие опыты в Теллермановском лесничестве. До весны времени еще много, и я надеюсь в конце ноября или в декабре побывать в Москве и подробно рассказать Вам о наших планах. Но планировать опыты, выбирать подходящие места для закладки площадок и устанавливать соответствующие связи нужно уже сейчас. Очень буду благодарен Вам, дорогой Владимир Николаевич, за любой совет и содействие.

С сердечным приветом от нас обоих
Вам с семьей.

Ваш Тимофеев

P. S. Прилагаю планы нашей работы.

[Свердловск]

20.IV.61

Глубокоуважаемый и дорогой
Владимир Николаевич!

Еще зимой мы с Вами говорили о проведении радиационно-биогеоценологических опытов на маленьких площадочках в разных почвенно-климатических зонах. Вы обещали нам содействие... (...)

А теперь еще одна просьба. В про-

² Расположено в Воронежской обл.

шлом году Вы представили в ДАН нашу первую работу «Опыт экспериментального исследования распределения радиоизотопов в естественных биогеоценозах». Теперь я посылаю Вам вторую работу на эту тему, посвященную распределению стронция и цезия по компонентам таких же опытных площадок. Пожалуйста, если можно, представьте ее для напечатания в ДАН.

Простите, пожалуйста, Владимир Николаевич, что одолели Вас просьбами! У Вас, наверно, так же, как и у нас, сейчас совершенно неопределенное положение в связи с реорганизацией Академии³; но продолжать работу надо, и я стараюсь, не обращая ни на что внимания, делать вид, что ничего не произошло.

Как у Вас дела? Во всяком случае, мы ждем Вас на наше совещание⁴ в Миассово (о котором мы говорили с Вами в Москве): мы скоро сообщим Вам точную дату (вот круг 1 сентября), а комфортабельный проезд в Миассово и устройство Ваше у нас на биостанции уже обеспечены. У нас в Миассово Вы прекрасно отдохнете от всех дел и неприятностей, а мы все из первых рук получим биогеоценологическую зарядку.

С сердечным приветом от нас с Еленой Александровной Вам и Вашему семейству

Ваш Н. Тимофеев

[Миассово]
1.X.61

Дорогой Владимир Николаевич!

Мы все были очень огорчены, что Вы по нездоровью не смогли приехать на наше совещание. Как теперь Ваше здоровье? О том, что Вы себя неважно чувствовали, я слышал от [Л. Ф.] Правдина, с которым незадолго до совещания виделся в Красноярске; он тоже не смог к нам приехать, так как переезжал обратно из Красноярска в Москву. Совещание прошло хорошо и интересно; я посылаю Вам краткий отчет, составленный Георгием Георгиевичем Винбергом и А. А. Титляновой.

К сожалению, в этом году не удалось «зарядить» площадки в Салехарде, Ры-

бинском и Теллермановском стационарах: лаборатории Главизотопа реорганизуются, и мы до сих пор не получили заказанные для зональных площадок радиоизотопы. Придется отложить до весны. Завтра мы с Еленой Александровной на две недели едем в Таджикистан, где я надеюсь, с помощью двух моих тамошних аспирантов, организовать зимой закладку таких же площадок по вертикальным зонам, от Тигровой балки (250—300 м) до Памира (4000—4500 м). Вернемся в Миассово числа 15—16 октября; пробудем там до первых чисел ноября и затем вернемся в Свердловск. Надеюсь, как всегда, в конце ноября — начале декабря побывать в Москве и повидать Вас.

С сердечным приветом от нас с Еленой Александровной Вам, Вашей дочери и внучке.

Искренне Ваш Н. Тимофеев

[Свердловск]
20.XII.62

Глубокоуважаемый и дорогой
Владимир Николаевич!

Опять затрудняю Вас просьбой: посылаю Вам две наши маленькие работы для ДАН. Одна из них касается распределения двух радиоизотопов по органам сосны. В начале следующего года надеюсь прислать Вам еще одну маленькую работу по сравнению распределения четырех радиоизотопов по органам сосны и осины.

Только что узнал, что заболел Евгений Михайлович Лавренко и не сможет приехать на мою защиту; надеюсь, что он пришлет свой отзыв, а зачитает его ученый секретарь. В качестве третьего оппонента придется выступить Павлу Леонидовичу Горчаковскому. Очень буду рад, если Вы сможете прислать коротенький отзыв.

Надеюсь, что после защиты, которая состоится 4 января⁵, мы с Еленой Александровной будем в Москве и увидимся с Вами.

С самыми сердечными приветами и наилучшими пожеланиями к Новому году от нас обоих Вам с Еленой Владимировной.

Искренне преданный
Ваш Н. Тимофеев

³ В это время в Академии наук СССР произошли некоторые изменения, коснувшиеся и биологических учреждений. В частности, руководимый Сукачевым Институт леса под видом Института леса и древесины (ныне им. В. Н. Сукачева) был трансплантирован в Красноярск.

⁴ Речь идет о совещании, посвященном общебиосферным и биогеоценологическим вопросам, которое было организовано Лабораторией биофизики Уральского филиала АН СССР.

⁵ Тимофееву-Ресовскому была присуждена докторская степень по совокупности работ. Доклад, с которым он выступал на защите, издан отдельной брошюрой: Тимофеев-Ресовский Н. В. Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии. Свердловск, 1962.

[Миассово]
8.VII.63

Дорогой Владимир Николаевич!

Пишу Вам по следующему поводу. Мы (небольшая группа сотрудников нашей лаборатории), совместно с Игорем Андреевичем Полетаевым (известным математиком и кибернетиком, занимающимся сейчас интенсивно кибернетической формализацией и созданием машинных моделей ряда экономических процессов и производств), занялись попыткой формализации (то есть точной характеристикой всех входящих, собственных и выходящих компонент, взаимодействий между ними и условий) биогеоценоза. Мы ставим себе конечной задачей для двух биогеоценозов, одного наземного, лесного (например, сосняк-черничника, исследовавшегося А. А. Молчановым) и одного пресноводного (небольшой пруд) разработать не только формальную схему, но и наполнить ее количественным содержанием, дав хотя бы приближенные цифры для всех компонент, взаимосвязей, условий, входов и выходов этих биогеоценозов. Даже сильно схематизированное и упрощенное, приближенное решение такой задачи позволит создать программы для машинных моделей и очень быстрого решения целого ряда специальных задач; решение таких задач позволит оценить относительную роль различных факторов, взаимодействий, ограничивающих и управляющих воздействий на поддержание равновесия в биогеоценозе или перевода его в стадию сукцессий. Нам кажется, что даже весьма неточное и схематизированное построение таких машинных моделей может резко ускорить теоретическую разработку основных проблем биогеоценологии, в особенности центральной проблемы — автоматического поддержания биогеоценотического равновесия; в дальнейшем же позволит решить некоторые практические проблемы, связанные с характером использования угодий, управлением и перестройкой биогеоценозов, а также с созданием искусственных, в значительной степени замкнутых, биогеоценозов для целей космической биологии.

Игорь Андреевич Полетаев, который уже в течение ряда лет связан с нами в области некоторых теоретических проблем, касающихся эволюционных и популяционных процессов, и, в то же время, имеет за последние годы большой опыт в программировании промышленно-экономических процессов, в самой общей форме в ряде отношений сходных по формальной структуре с биогеоценозами, считает эту

нашу совместную затею не только не безнадёжной, но весьма интересной и многообещающей (как для развития теоретической биогеоценологии, так и для общих кибернетических проблем).

Пишу я Вам по двум поводам: во-первых, чтобы поставить Вас, главу биогеоценологов, в известность о наших еретических замыслах и, во-вторых, чтобы обратиться к Вам со следующей просьбой. Мы недостаточно знаем биогеоценологическую литературу и были бы Вам очень признательны, если бы Вы (поручив это кому-нибудь из своих сотрудников) сообщили бы нам несколько работ, из которых можно было бы извлечь количественный (могуций быть выраженным в цифрах) материал, касающийся характеристики компонентов, взаимосвязей, условий, входов и выходов в биогеоценозах. Из таких количественных данных можно постараться скомпонировать количественно охарактеризованную упрощенную схему биогеоценоза, пригодную для машинной программы. Кстати, ошибки в такой программе на первых порах не повредят, ибо будут показаны и подчеркнуты работой машины и явятся указанием на то, что подлежит в первую очередь выяснению и уточнению. Первым этапом нашей работы должна явиться формально-кибернетическая схема биогеоценоза, которую мы хотели бы оформить в виде своего рода программы биогеоценологических исследований. Как только мы дойдем до какой-то разумной формы этого первого этапа, я, конечно, пришлю Вам его на критический отзыв с Вашей стороны. Надеюсь, что нам удастся вчерне закончить этот первый этап к осени.

Простите, дорогой Владимир Николаевич, что опять пишу Вам о наших делах и очень жалею, что не могу приехать в ближайшие недели и обсудить их с Вами лично. В августе мы с Еленой Александровной едем в отпуск на Амур и на обратной дороге я, может быть, смогу заехать в Москву и, если Вы будете там или поблизости, был бы очень раз повидаться с Вами.

Сообщите, пожалуйста, Ваши планы на лето и начало осени, а также состояние, в котором находится «Лесная биогеоценология» (скоро ли выйдет)⁶.

Еще один вопрос: я никак не могу установить, отослал ли я около месяца тому назад программу экспериментальных работ по изучению лесной подстилки, намечен-

⁶ Сб. «Основы лесной биогеоценологии» под ред. В. Н. Сукачева и Н. В. Дылиса был опубликован в 1964 г.

ных Ю. Д. Абатуровым на ближайшее время; если Вы ее не получили, то сообщите, и я Вам эту программу пришлю.

С сердечным приветом от нас с Еленой Александровной и нашей небольшой биогеоценологической группы Вам и Елене Владимировне.

Ваш Н. Тимофеев

[Миассово]
16.VII.63

Глубокоуважаемый и дорогой
Владимир Николаевич!

Опять обращаюсь к Вам с большой просьбой. Дело в следующем. Я Вам в прошлую нашу встречу рассказывал, что меня очень зовут переехать в Обнинск под Москвой для заведования отделом радиобиологии и генетики в новом Институте медицинской радиологии АМН СССР. Там я должен получить группу из шести лабораторий: молекулярной биологии, генетики, радиобиологии клетки, радиобиологии тканей и органов, радиобиологии сообществ (радиационная биогеоценология) и экспериментальной биологии. Все, и место, и квартира, и институтское помещение, и оборудование, и штаты, вполне нас устраивает; а меня еще прельщает то, что Обнинск в Калужской области (на границе с Московской), а это — моя родина. Лучшие из моих сотрудников тоже собираются перейти со мной вместе в Обнинск.

Мне надо будет в связи с этим в ближайшее время подать на конкурс, и директор института (действ. чл. АМН СССР проф. Георгий Артемьевич Зедгенидзе) просил меня заручиться характеристикой моей научной деятельности (с указанием на пригодность мою на замещение должности заведующего отделом), написанную видным ученым. И вот я очень прошу Вас, если найдете возможным, прислать мне такую краткую характеристику, которую я мог бы приложить к своему заявлению при подаче на конкурс.

Простите, пожалуйста, за беспокойство и за то, что я так часто надоедаю Вам своими делами.

С сердечными приветами от нас обоих Вам и Елене Владимировне.

Ваш Н. Тимофеев

Миассово
5.X.63

Дорогой Владимир Николаевич!

Большое спасибо Вам за оба Ваши письма, которые пришли сюда вместе. Посылаю Вам черновой (но исправленный) экземпляр моего доклада; беловые пойдут в ЛИТ и в пе-

чать, так как его, оказывается, надо отпечатать в 250 экземплярах. Так как Вы не сможете приехать в Свердловск, то у меня к Вам следующая большая просьба. Не разрешите ли Вы Вас, все-таки, провести, через ученый совет в качестве официального оппонента; мне сказали, что если один из трех оппонентов лично не присутствует, то нужен четвертый, в качестве какого не знаю ли попросить Сергея Владимировича Зонна. Тогда три оппонента (Виктор Николаевич Петри, Сергей Владимирович Зонн и Лев Александрович Зенкевич) присутствовали бы лично, а Ваш отзыв считал бы Зонн или Зенкевич. Длинной рецензии писать Вам не надо, приезжать тоже не надо, а мне было бы чрезвычайно приятно, если бы Вы числились моим оппонентом. Это соответствовало бы и развитию научной традиции: я ведь в своих работах старался следовать Вашим и Владимира Ивановича традициям. Сергей Владимирович Зонн, конечно, лучше Евгения Михайловича Лавренко знает современную биогеоценологическую проблематику, являясь Вашим сотрудником и последователем. У меня, к сожалению, нет больше ни одного экземпляра моего доклада; поэтому очень прошу Вас, просмотрев его, дать Сергею Владимировичу для просмотра и прошу Вас спросить его — согласился ли бы он выступить в качестве оппонента; я тогда напишу ему свою просьбу об этом (только я не знаю его адреса, ведь он, как Вы писали, уже не в Успенском). Я был бы очень рад, если бы все это так устроилось и Вы согласились «отсутствовать оппонентом».

Я боюсь, что «доклад» мой, из-за спешки и необходимой краткости, получился не очень убедительным и слишком «теоретическим», но ведь довольно обширный фактический материал содержится примерно в 30 моих работах (частично с соавторами), 20 работах моих сотрудников и 4 кандидатских диссертациях моих учеников; кроме того, готовится еще 4 кандидатских диссертации с большим фактическим материалом. Поэтому я считал главной задачей этого доклада — не столько краткое изложение фактического материала, сколько (тоже весьма краткое) изложение ряда теоретических положений и связей биогеоценологии с большими современными проблемами и намечающимися новыми методами исследования. Не знаю — удалось ли мне хоть это. (Кстати, в списке литературы отсутствуют заглавия весьма важных работ В. Д. Александровой и И. И. Шмальгаузена, т. к. здесь у меня их не оказалось; я их вставлю по приезду в Свердловск.)

Я очень жалею, что не повидал Вас в Москве. Я прибыл до 3 сентября, но дважды

звонил Вам до первого, и т. к. никто не отвечал, то я решил, что Вы в отъезде. Я не знаю еще — когда буду в Москве, но тотчас по приезде позвоню Вам; думаю, что это будет не раньше ноября. Простите, что опять докучаю Вам длинным письмом, а что в прошлом письме, по нашей неаккуратности, заглазилась куда-то таблица к статье Э. А. Гилевой, несколько дней тому назад она Вам ее с извинениями отправила. Хорошо, что Ваша внучка не попала на картошку — у нас в этом году, несмотря на распоряжение свыше не посылать людей зря в колхозы, невероятное «уборочное буйство».

С сердечным приветом от нас с Еленой Александровной Вам и Елене Владимировне.

Ваш Н. Тимофеев

Р. С. Когда переедем отсюда в Свердловск, еще не знаю, но лучше пишите на Свердловск, 49. Ул. Малышева д. 129, кв. 8.

Свердловск
16.X. 63

Глубокоуважаемый и дорогой
Владимир Николаевич!

Получили ли Вы мое последнее письмо и рукопись «докторского доклада»? В своем предыдущем письме Вы предложили в качестве официального оппонента Сергея Владимировича Зонна. Согласен ли он? И является ли он доктором биологических наук? Дело в том, что оказывается, по положению может быть лишь один доктор небиолог, а таковым уже является Виктор Николаевич Петри. Если Сергей Владимирович доктор сель.хоз. наук, то придется просить Павла Леонидовича Горчаковского, хотя он и очень далек от наших дел.

Мне очень хотелось бы знать Ваше мнение о моем «докладе», т. к., если будет время, мне хочется на тему этого доклада и примерно по этому плану написать небольшую книжку со включением основного фактического матерьяла и более подробным обоснованием теоретических положений. Доклад этот сегодня окончательно закончен перепечатыванием начисто на машинке и сдан в ЛИТ; надеюсь, что недели через две смогу прислать Вам печатный экземпляр.

Как Ваше здоровье? Может быть, еще до «защиты» мне придется на пару дней приехать в Москву, и я надеюсь повидать Вас.

С сердечным приветом от нас с Еленой Александровной Вам и Елене Владимировне

Ваш Н. Тимофеев

[Свердловск]
13.1.64

Дорогой Владимир Николаевич!

Большое Вам спасибо за сообщение об отсылке нашей статьи в ДАН; надо надеяться, что редакция эту статью напечатает. Дело в том, что предыдущую нашу статейку (Г. И. Махониной «К вопросу о распределении радиоизотопов железа, кобальта, цинка, стронция и цезия в сосне, лиственнице, осине и березе»), которую Вы в начале лета представили в ДАН, редакция прислала обратно с просьбой напечатать ее в каком-либо специальном журнале. В связи с этим у меня к Вам большая просьба: поместить эту статью в «краткие сообщения» в Бюллетень МОИП, если можно, то поскорее. Я прилагаю два экземпляра этой статьи с сопроводителькой от института, авторской справкой, актом экспертизы и уже имеющимся штампом Главатома на первой странице первого экземпляра с разрешением к печати. Если Вы лично со своей пометкой о быстром опубликовании (и при наличии уже разрешения из Главатома) пошлете статью в МОИП, то, надо надеяться, она не завалится там, как три наши старые статьи, лежащие в редакции уже четвертый год.

В феврале переезжаем в Обнинск! Как только переедем — я Вам позвоню; очень хочется опять повидаться и потолковать о наших планах создания равновесных модельных биогеоценозов в специальных ящиках с популяциями дрозофил.

Надеюсь, до скорого свидания!

С сердечными приветами от нас с Еленой Александровной Вам и всему Вашему семейству.

Ваш Н. Тимофеев

Обнинск
19.XI. 64

Дорогой Владимир Николаевич!

Огромное, сердечное спасибо Вам за поздравление, а главное, за все Ваши заботы о моих делах и огромную помощь, оказанную Вами. Я говорил Вам, что Ваша первая книжка о растительных сообществах, еще в дореволюционные времена, окончательно повернула меня на путь профессионального биолога; пятнадцать-двадцать лет тому назад я (совершенно логично, в результате своих генетико-эволюционных занятий) стал непосредственным Вашим учеником — биогеоценологом, посылно развивая the experimental branch of biocenology; а теперь, спустя полвека после первого данного мне толчка, Вы опять помогли мне! Сердечное Вам спасибо от нас с Еленой Александровной!

Меня, конечно, особенно радует не то, что закончилось мое почти 10 лет тянувшееся дело, а то, что по-видимому, закончилась «боевая фаза» антинаучной псевдобиологии. А ведь в этой долгой борьбе за свободу биологических исследований из биологов — Вы главный боец, а остальные — математики, физики и химики, Вы приняли на себя и все серьезные удары мракобесов. Будем надеяться, что мракобесие действительно кончилось! Но начинается особенно ответственная фаза в развитии нашей биологии: надо учить и переучивать молодежь, возродить ряд почти вымерших биологических дисциплин, зачинать новые и, главное, оживлять классическую описательную биологию, внося в нее современные теоретико-эволюционные точки зрения. И теперь за все это мы будем целиком ответственны перед будущим: сваливать вину в неудачах будет не на кого.

Еще раз огромное Вам спасибо не только от меня и за меня, а от всех выживших представителей настоящей биологии за твердую, последовательную и эффективную ее защиту!

Надеюсь скоро навестить Вас. С сердечными приветами Вам и всему Вашему семейству от нас с Еленой Александровной.
Ваш любящий и благодарный
Н. Тимофеев

[Обнинск]
26.VII.65

Глубокоуважаемый и дорогой
Владимир Николаевич!

Только что вернулся вместе с Еленой Александровной из поездки на теплоходе по «Волго-Балту» (бывшей Мариинской системы) и нашел Ваше письмо с замечаниями, касающимися нашей с Анатолием Никифоровичем [Тюрюкановым] статьи⁷. Я целиком согласен с Вашим протестом против термина «элементарный» биогеоценоз и очень жалею, что Вы мне раньше не указали на это. Я же в более ранних своих статьях (и в этой), совершенно не подумав о том, что такое усложнение терминологии может повести к терминологической путанице в применении слова «биогеоценоз», писал «элементарный биогеоценоз» в связи с тем, что уже сейчас многие геоботаники употребляют термин «биогеоценоз» в очень разном содержании и объеме. Но я совершенно с Вами согласен, что усложнять терминологию не следует и термин «биогеоце-

ноз» надлежит применять в качестве понятия, соответствующего именно элементарной биохорологической единице.

Не совсем согласен я лишь с той частью Вашего *post-scriptum*'а, в которой Вы пишете о равнозначности понятий «элементарный» и «далее неделимый». Эта равнозначность простирается лишь на «неделимость без потери прежних свойств»; например, элементарными структурами в химии являются молекулы, хотя они вполне делимы на атомы и атомные группы, которые, однако, не обладают свойствами данной молекулы, а элементарной структурой физической природы вещества являются атомы, хотя они и могут быть подразделены на нуклоны, электроны и другие элементарные частицы, но обладающие, однако, свойствами данного атома. Точно так же и биогеоценозы являются элементарными биохорологическими единицами биосферы, хотя и могут быть подразделены на разное, в пределе бесчисленное число частей, в зависимости от цели и задачи исследования, которые, однако, не будут обладать свойствами данного биогеоценоза как элементарной биохорологической единицы и ячейки биогеохимической работы в биосфере. Но, я думаю, в этом смысле мы с Вами придерживаемся совершенно одинаковой точки зрения.

Если Вы в общем с содержанием работы согласны и считаете ее не бесполезной, то исправить ее оказалось очень легко. Мы всюду вычеркнули перед биогеоценозом прилагательное «элементарный» и внесли еще несколько мелких поправок.

Я, к сожалению, из-за неотложных дел, накопившихся за время короткого отпуска, не смогу выехать к Вам в ближайшие 10 дней. Я поэтому попросил Анатолия Никифоровича Тюрюканова привезти Вам исправленную рукопись и, если Вы с исправлениями согласны, по этому экземпляру изменить все остальные. Все еще не решил вопрос — пустят ли меня в Прагу на юбилей Менделя (для участия в котором я получил персональное приглашение от Оргкомитета и Чешской Академии); если я не поеду⁸, то дней через 10—12 постараюсь повидать Вас.

С сердечными приветами и пожеланиями хорошего отдыха Вам с Еленой Владимировной от нас с Еленой Александровной.

[Обнинск]
17.4.66

Ваш Н. Тимофеев

Дорогой Владимир Николаевич!
Большое Вам спасибо за память и го-

⁷ Имеется в виду статья: Тимофеев-Ресовский Н. В., Тюрюканов А. Н. Об элементарных биохорологических подразделениях биосферы // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1966. Т. LXI. Вып. 1.

⁸ Разрешение на поездку получено не было.

товность опять помочь в отношении *Arabidopsis*⁹. Нам очень хотелось бы разок вместе с Вами посмотреть эту популяцию; может быть, можно будет сговориться, чтобы Елена Александровна и Владимир Ильич Иванов (или я) могли бы сопроводить Вас при одной из Ваших поездок в Успенское или в Лосинный Остров, весной, когда *Arabidopsis* начнет вегетировать. В пятницу я был в Москве, заседал в Медицинской Академии (в научном совете по генетике) и собирался заехать к Вам; но по телефону мне сообщили, что Вы поздно вернетесь домой, и я не решился Вас утомлять. На будущей неделе (не знаю еще в какой день) буду в Москве и позвоню Вам, а если можно — заеду. Очень хочется повидаться, поговорить, предложить Вам для кратких сообщений в Бюллетене МОИП коротенькую статейку о нескольких интересных (в общебиологическом смысле) мутациях *Arabidopsis* и рассказать о плане небольшой статьи моей, совместно с Абатуровым и Тюрюкановым, о дальнейшей попытке внедрения биогеоэкологической точки зрения в наше, ставшее скучным и вялым почвоведение. Ведь разумное, интересное и теоретически значимое (а не просто прикладная агрохимия!) есть не что иное, как часть общей биогеоэкологии. Три недели провел в Ленинграде, читал там курс микроэволюции на кафедре генетики у Лобашова и сделал доклад «О биосфере и современном значении ее изучения» в генетико-цитологической секции Ботанического общества в БИНе. Хочется рассказать Вам и о плане небольшой статьи, которую меня уговаривают написать на тему целого ряда моих докладов, прочтенных в разных местах за последний год.

Надеюсь в ближайшие дни повидаться с Вами. Еще раз большое спасибо за открытку.

С сердечными приветами от нас с Еленой Александровной Вам и всему Вашему семейству.

Ваш Н. Тимофеев

[Обнинск]
20.8.66

Дорогой Владимир Николаевич!

Мы отсутствовали почти 2 месяца: сперва провели неделю на Можайском море в «летней школе» теоретической биологии, затем целый месяц ездили по Лене и после

того провели 10 дней в Иркутске и на Байкале. Теперь вернулись и очень хотим повидаться с Вами, рассказать о наших впечатлениях и узнать от Вас академические новости. Около 1.9 мы будем в Москве и позвоним Вам, чтобы сговориться с Вами, когда Вас можно будет навестить; к этому времени, как Вы пишете, Вы уже вернетесь с дачи.

Вопрос о Вашей популяции *Arabidopsis* надо будет постараться разрешить наблюдениями в следующем сезоне. Собранные Вами в прошлом году семена непосредственно после сбора почти не дали всхожести, а в этом году вышли гораздо лучше. Может быть, это форма с очень длинным покоем семян; такие формы были описаны за границей. А. Касьяненко в Душанбе (в открытом грунте) получал вегетирующие и плодоносящие растения в этом году. Мы, конечно, будем проверять семена, полученные в этом году у нас от растений из Вашей популяции, на всхожесть через разные сроки после сбора.

Пошла ли в печать в Бюллетень МОИП та маленькая статейка о нескольких интересных мутациях *Arabidopsis*, которую я в начале весны Вам передал?

С сердечными приветами от нас с Еленой Александровной Вам и всему Вашему семейству.

Искренне Ваш Н. Тимофеев

[Обнинск]
3.XII.66

Глубокоуважаемый и дорогой
Владимир Николаевич!

Спасибо за Ваше письмо и заботы о нашей статье для МОИПа. Я сразу же по получении Вашего письма написал краткое резюме по-английски и отправил его вместе с русским кратким авторефератом (это попросили сделать в редакции) в редакцию МОИП. Посылаю Вам копию английского автореферата. Список литературы уже более недели тому назад Анатолий Никифорович Тюрюканов лично отнес в редакцию.

Мы с Еленой Александровной надеемся во второй половине следующей недели приехать в Москву и быть у Вас.

С сердечными приветами всем четырем поколениям Вашего семейства от нас обоих.

Ваш Н. Тимофеев

© Публикация М. В. Куликовой

⁹ В эти годы ботаники нашли удобный генетический объект, своего рода «дрозофилу» — *Arabidopsis thaliana*. Тимофеев-Ресовский ввел это растение в свои эксперименты, а добровольным поставщиком семян был Сукачев.

В О ВТОРОМ номере вашего журнала за 1990 г. я прочитал о готовившемся в конце 30-х годов «обсуждении» принципов современной физики. В следующем номере рассказано о попытках расправиться с физикой в 1948 г. Я был свидетелем и участником событий, которые можно назвать отголосками этих бурь.

Зимой 1952/53 г. я приехал в Томск сдавать кандидатский экзамен по теоретической физике. Заведующий кафедрой теоретической физики Томского университета предложил мне выступить на заседании, посвященном обсуждению основ квантовой механики, с докладом, в котором сопоставлялись бы взгляды академика В. А. Фока и профессора Никольского (имя и отчество я, к сожалению, забыл). Надо сказать, что мы изучали современную физику в полном объеме, но с «идеологическим» довеском: нам «объясняли», что ее творцы — Бор, Эйнштейн и другие в силу своего идеалистического мировоззрения неправильно истолковывали свои же результаты.

Поскольку я серьезно готовился к экзамену, то согласился сделать доклад. Он предназначался для физиков-экспериментаторов, не вникавших глубоко в принципы физики. После ответов на вопросы я счел свою миссию законченной, как вдруг...

На кафедру поднялся человек и разразился обвинениями в мой адрес, выдержанными в лучших традициях сессии ВАСХНИЛ 1948 г.: низкопоклонство перед иностранщиной, проповедь физического идеализма, подрыв советской физики и т. п.

Сидевшие рядом объяснили мне, что это профессор В. Н. Кессених, ранее работавший в МГУ, а осенью 1952 г. перешедший в ТГУ. Я немедленно попросил слова и сказал, что выступление Владимира Николаевича никакого отношения к моему докладу не имеет,

что он опровергает взгляды, которые сам же и приписал мне. Через несколько дней, сдав экзамен, я уехал из Томска, выпав из поля зрения Кессениха, и вернулся в город в августе 1953 г., уже после смерти Сталина. Благодаря этому выступление не имело для меня дурных последствий.

Так я впервые встретился с Кессенихом, фигурой довольно колоритной. Экспериментатор-радиотехник, до войны он работал в Сибирском физико-техническом институте (СФТИ) Томского университета. В 1937 г. написал донос на директора СФТИ академика В. Д. Кузнецова и занял его место. К счастью, в 1938 г. Кузнецов был освобожден (среди немногих). О доносчике он узнал и объявил это во всеуслышание. Кессених ушел из СФТИ, был призван в армию для организации радиотехнической и радиолокационной службы, окончил войну в чине полковника, работая в лаборатории в Москве и являясь одновременно профессором МГУ.

В университете он терроризировал всех преподавателей, разоблачая их «физический идеализм». О его роли в подготовке разгрома физики нам в Томске известно не было, но мы знали, что он яростно травил В. Л. Гинзбурга и Л. Д. Ландау. В итоге в 1952 г. он не был переизбран на должность профессора МГУ и вынужден был вернуться в Томск, где развернул активную кампанию по «борьбе с физическим идеализмом и низкопоклонством перед Западом», оставаясь на уровне физики XIX в. по своему мировоззрению и не стесняясь в средствах для сокрушения инакомыслящих. Не зная о его бурной деятельности, я своим докладом фактически сорвал его «акцию».

Зимой 1953/54 г. Кессених организовал дискуссии о теории относительности. Я уже работал в Томске и принял в ней участие.

На сей раз участники знали, с кем имеют дело, поэтому Кессениху дали выступить первому и вели магнитофонную запись.

Во время его выступления, довольно бессодержательного, но полного «разоблачительных» штампов, я послал ему записку с вопросом, признает ли он объективность основных фактов, положенных в основу теории относительности. От ответа Кессених ушел, что позволило мне затем не только изложить существо дела, но и показать несостоятельность как доводов, так и методов Кессениха.

Закончилась дискуссия комическим эпизодом: на следующее утро в Томск прибыл очередной номер ЖЭТФа, основного советского физического журнала, с рецензией В. Л. Гинзбурга и Л. Д. Ландау на учебник Кессениха «Распространение радиоволн в ионосфере», где указывалось на многочисленные грубые теоретические ошибки. Не возобновляя участия в дискуссии, Кессених в тот же день отправился в Москву.

Через месяц пришел следующий номер ЖЭТФа с пространным «опровержением» Кессениха. Следом была напечатана небольшая заметка Гинзбурга и Ландау с разбором уже этого опровержения и выводом, что ошибки Кессениха — не случайность, а следствие неправильного понимания основ физической теории. В заключение редакция ЖЭТФа сообщила, что дальнейшую дискуссии по этому вопросу считает бессмысленной.

После этого Кессених прекратил «политическую» деятельность и ограничился работой в лаборатории и на кафедре. По отзывам его учеников, и по сей день работающих в Томске, в своей области он оказался хорошим специалистом.

Только однажды он попытался «вернуть позиции». В мае 1963 г. Томский институт радиоэлектроники, где я рабо-

тал в то время заведующим кафедрой физики, отмечал День радио конференцией, посвященной перспективам лазерной техники. Кессених неожиданно взял слово и заявил, что идеи Эйнштейна затормозили создание лазеров на несколько десятилетий. Мне пришлось выступить и напомнить, что, наоборот, работа лазера целиком соответствует идеям Эйнштейна о росте вынужденного излучения в поле волны.

Должен сказать, что во время моих неоднократных встреч с Кессенихом поражаало его неприятие «всяких теоретических умствований», на взгляд физиков моего поколения, несовместимое с современной физикой, нетерпимость к чуждому мнению. Стиль его мышления был весьма схож со стилем публикаций А. К. Тимирязева, которые мне приходилось читать.

Видимо, для осуществле-

ния репрессий в науке нельзя было обойтись без таких людей — честолюбивых, ограниченных и нетерпимых. Насколько я знаю от знакомых физиков, отголоски попыток «лысенковать» физику доходили и до других научных центров.

Профессор Э. А. Аринштейн, заведующий кафедрой теоретической физики Тюменского государственного университета

Во второй половине 40-х годов я учился на инженерно-физическом факультете Московского механического института (ныне Московский инженерно-физический институт), первом учебном центре, готовившем специалистов по ядерной физике и технике. Здесь сконцентрировался блестящий коллектив преподавателей: уже на первых курсах физику читал Г. С. Ландсберг, ученик и сподвижник Н. Д. Папалекси и Л. И. Мандельштама, кафедрой теоретической физики заведовал И. Е. Тамм, а среди профессоров кафедры были М. А. Леонтович, А. Б. Мигдал, И. Я. Померанчук, В. Г. Левич и Е. Л. Фейнберг, атомную и ядерную физику преподавали Л. А. Арцимович и А. И. Лейпунский, а также другие ученые, имена которых неразрывно связаны с историей отечественной ядерной физики и атомной энергетики.

Столь невероятная концентрация научных сил прежде всего объясняется особым значением, которое в те годы приобрела эта область знаний, но в меньшей степени — обстановкой, сложившейся на физфаке МГУ, откуда вынуждены были бежать истинные ученые (об этом убедительно

рассказано в публикации А. С. Сонины).

Но волна «охоты за ведьмами», борьбы с «физическим идеализмом» и «безродным космополитизмом», за «чистоту» русской и советской науки докатилась и до нашего факультета. Организовывались погромные партсобрания, публикации в печати (так, зубодробительной критике за «идеологические извращения» подвергся непревзойденный по своим качествам учебник механики заведующего кафедрой МИФИ С. Э. Хайкина), проводилась чистка среди преподавателей и студентов. Атмосфера день ото дня нагнеталась, даже мы, студенты, понимали, что готовится разгром физики и физиков.

И вдруг, словно по мановению волшебной палочки, все стихло. Долгие годы я не знал, что же тогда случилось. И лишь спустя два десятилетия кое-что прояснилось. В 1970 г., будучи заместителем заведующего редакцией физики издательства «Мир», я вместе с главным редактором издательства Н. Т. Божко приехал к академику-секретарю Отделения общей физики и астрономии АН СССР Л. А. Арцимовичу, чтобы обсудить план наших изданий. В разговоре речь зашла о тех

страшных временах, и я высказал недоумение, почему занесенный меч так и не опустился. Ответ Льва Андреевича я помню почти дословно.

Трое ведущих физиков-ядерщиков (имен Арцимович не назвал) попросили аудиенцию у Берии, курировавшего атомную проблему, и заявили, что, если он хочет, чтобы страна получила бомбу, надо остановить шабаш. Берия ответил, что сам решить не может, поскольку это не входит в его компетенцию, но обещал доложить Сталину. Спустя несколько дней он вызвал к себе этих ученых и сообщил им слова Сталина: «Оставь их в покое. Расстрелять их мы всегда успеем».

Думаю, слова Сталина были адресованы Жданову, истинному режиссеру задуманного действия, а Берия лишь смаковал их.

Л. А. Арцимовича уже нет в живых, но я уверен, что этот факт в изложенной интерпретации известен и кое-кому из ныне здравствующих физиков, которые могли бы подтвердить его, а, возможно, и дополнить какими-то деталями.

И. Зорич
Москва

Космические исследования

Запуски космических аппаратов в СССР: март — апрель 1990 г.

Всего запущено 20 космических аппаратов, в том числе 17 спутников серии «Космос».

Автоматический грузовой корабль «Прогресс М-3» доставил на орбитальный научно-исследовательский комплекс «Мир» различные грузы, в том числе воду, топливо для двигателей станции, оборудование и научную аппаратуру.

В программе полета «Фотона», рассчитанной на 16 сут., эксперименты по получению в условиях микрогравитации кристаллов белков и полупроводниковых материалов с улучшенными свойствами, обработка технологии их промышленного производства. По коммерческому соглашению на «Фотоне» размещена аппаратура Национального центра космических исследований Франции.

15 марта на пресс-конференции в Токио было объявлено, что космический корабль «Союз ТМ» с двумя советскими и одним японским космонавтом (им будет либо 47-летний Т. Акимо, либо 25-летняя Р. Кикиути) стартует 2 декабря 1990 г. с космодрома Байконур и 4 декабря должен стыковаться с орбитальным комплексом «Мир». 10 декабря участники первого советско-японского космического полета вернутся на Землю.

18 апреля подписано соглашение о полете советско-западногерманского экипажа в 1992 г. (а не в 1991 г., как объявил канцлер ФРГ Г. Коль после визита в Москву). В ходе полета предполагается уделить большое внимание экспериментам по материаловедению, биотехнологии и медицине; они станут продолжением работ, выполненных космонавтами ФРГ на американских шаттлах. Около 10 кг материалов, полученных в невесомости, будут доставлены

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Прогресс М-3»	1.III	188	245	51,6	88,6
«Космос-2060»	14.III	412	430	65	92,7
«Космос-2061»	20.III	994	1031	82,9	105,1
«Космос-2062»	22.III	194	250	82,3	88,6
«Космос-2063»	27.III	602	39 346	62,9	709
«Космос-2064—2071»	6.IV	1437	1495	74	115
«Фотон»	11.IV	225	398	62,8	90,5
«Космос-2072»	13.IV	189	284	64,8	89
«Космос-2073»	17.IV	189	267	82,3	88,7
«Космос-2074»	20.IV	982	1016	83	104,9
«Космос-2075»	25.IV	487	526	74	94,7
«Молния-1»	26.IV	654	40 747	62,8	736
«Космос-2076»	28.IV	613	39 342	62,8	709

* Запущены одной ракетой-носителем «Космос».

на Землю в спускаемом аппарате.

В ходе визита премьер-министра СССР Ли Пэна подписано соглашение о сотрудничестве СССР и КНР в области исследования и использования космического пространства в мирных целях.

Космические исследования

Экспедиция на «Мире»: апрель — май 1990 г.

Космонавты А. Я. Соловьев и А. Н. Баландин продолжили работу на орбитальном научно-исследовательском комплексе «Мир». В рамках обширной программы исследования природных ресурсов Земли и окружающей среды проведены визуальные наблюдения и съемки различных районов суши и Мирового океана, в частности промышленных центров юга европейского региона страны и района Каракумского канала. При съемках акватории Мирового океана использовался видеоспектральный комплекс, установленный на гиросtabilизированной платформе модуля «Квант-2».

Астрофизические и геофизические исследования велись с помощью ультрафиолетового телескопа «Глазар»; выполнена серия съемок небесной сферы в районе созвездия Южный Крест. В экспериментах с магнитным спектрометром «Мария» изучались механизмы генерации заряженных частиц высоких энергий и их распространения в околоземном космическом пространстве. Кроме того, исследовалась зависимость между интенсивностью потоков этих частиц и сейсмической активностью на планете.

Продолжались эксперименты по измерению потоков микрометеоритов и исследованию воздействия факторов открытого космоса на различные материалы.

21 апреля начались эксперименты с аппаратурой «Арфа», смонтированной на внешней поверхности модуля «Квант» и предназначенной для дальнейшего изучения ионосферы и магнитосферы Земли. Так, определялась возможность получения информации о тектонических процессах в земной коре методом зондирования верхних слоев ионосферы.

Много времени уделялось исследованиям по космическому

материаловедению и биотехнологии. С 23 апреля по 2 мая на установке «Галлар» в течение 220 ч выращивался монокристалл арсенида галлия с улучшенными характеристиками; после его получения начат новый эксперимент с окисью цинка. В дальнейшем был выращен еще один монокристалл арсенида галлия.

На установке «Сигма» исследовались особенности выделения кислорода и водорода при электролизе воды.

Продолжались эксперименты по космической биотехнологии: в течение нескольких месяцев предполагается вырастить кристаллы различных белков.

В конце мая космонавты перестыковали корабль «Союз ТМ-9» с переходного отсека станции на стыковочный узел астрофизического модуля «Квант». Это сделано для приема на стыковочный узел переходного отсека специализированного технологического модуля «Кристалл», запущенного 31 мая 1990 г.

Космические исследования

Удастся ли спасти «Интелсат-6»!

14 марта 1990 г. с космодрома на м. Канаверал (США) с помощью самой мощной американской коммерческой ракеты-носителя «Титан-3» был осуществлен запуск спутника связи «Интелсат-6». По не выясненным пока причинам спутник с межорбитальным буксиром не отделился от второй ступени и не вышел на расчетную промежуточную орбиту.

«Интелсат-6» массой около 5 т и стоимостью 150 млн долл. принадлежит Международной организации спутниковой связи (ИНТЕЛСАТ) и должен был в течение 13 лет обеспечивать одновременную работу 120 тыс. телефонных и трех телевизионных каналов. Если его не спасут, убытки примерно вдвое превысят стоимость спутника.

После нескольких попыток командой с Земли спутник

отделен от ракеты-носителя, однако без межорбитального буксира, который должен был перевести его на геостационарную орбиту. На нерасчетной орбите спутник мог остаться не более 9—12 сут, после чего вошел бы в плотные слои атмосферы и сгорел.

16 марта удалось включить двигатели системы ориентации спутника и перевести его на орбиту высотой около 250 км. Теперь в запасе несколько месяцев для спасения спутника.

ИНТЕЛСАТ ведет переговоры с НАСА об организации полета космического корабля многоразового использования для снятия спутника с орбиты и возвращения на Землю. Но запуск шаттлов планируются на несколько лет вперед, кроме того, подготовка такого полета с выходом астронавта в открытый космос займет не менее 9 мес; наконец, затраты на операцию превысили бы стоимость самого спутника.

Поэтому рассматриваются и другие варианты спасения «Интелсата-6».

© С. А. Никитин
Москва

Космические исследования

35-й полет по программе «Спейс шаттл»

24 апреля 1990 г. с космодрома на м. Канаверал (штат Флорида, США) осуществлен очередной запуск космической транспортной системы «Спейс шаттл». Орбитальной ступенью служил корабль «Дискавери», на борту которого находилось 5 астронавтов: Л. Шривер (командир), Ч. Болден (пилот), С. Хаули, Кэтрин Салливан и Б. Маккэндлесс (специалисты по операциям на орбите).

Основная задача полета — доставка на орбиту оптического телескопа «Хаббл» массой 12,5 т и стоимостью 1,5 млрд долл.

«Дискавери» выведен на рекордно высокую для полетов по программе «Спейс шаттл» круговую орбиту (высота 612 км,

наклонение 28,7°). Вызвано это необходимостью доставить телескоп подальше от плотных слоев атмосферы.

25 апреля С. Хаули с помощью 15-метрового манипулятора захватил размещавшийся в грузовом отсеке телескоп и начал вывод его на орбиту. Предварительно Л. Шривер развернул «Дискавери» к Солнцу, чтобы обеспечить оптимальные условия работы солнечных батарей телескопа сразу после вывода.

Эти панели представляют собой две гибкие секции длиной по 12 и шириной около 3 м, каждая содержит примерно 50 тыс. солнечных элементов, встроенных в гибкий материал из полимера. До вывода на орбиту панели в сложенном состоянии находились в цилиндрических контейнерах диаметром 0,2 м. После вывода «Хаббла» из грузового отсека одна из панелей раскрылась по команде сразу, а вторая только с третьей попытки (причина пока не установлена). Ситуация осложнялась тем, что время между отключением «Хаббла» от системы электропитания «Дискавери» и раскрытием солнечных батарей, берущих на себя снабжение аппарата электроэнергией, не должно превышать 8 ч, иначе электроника телескопа выходит из строя.

Вывод «Хаббла» на орбиту был завершён на 90 мин позже, чем предусматривалось графиком. Заем «Дискавери» был отведен в сторону и продолжал полет на расстоянии 74 км от телескопа.

На протяжении трех следующих суток возник ряд проблем. Так, 26 апреля операторы Центра космических полетов им. Годдарда дважды теряли связь с телескопом: в первом случае из-за ошибки оператора, во втором — из-за потери одной из передающих антенн телескопа ретрансляционного спутника, осуществляющего связь телескопа с центром.

27 апреля неполадки в одной из двух параболических антенн телескопа, предназначенных для передачи научной информации на Землю, привели к задержке с открытием 3-метровой защитной крышки на входном отверстии «Хаббла». Когда

по команде с Земли крышка отошла в сторону, возникшие колебания телескопа оказались значительно выше расчетных и бортовая ЭВМ, восприняв их как нерасчетное отклонение в работе системы ориентации «Хаббла», отключила два стабилизирующих гироскопа из четырех. В результате телескоп автоматически перешел в безопасный режим работы: развернулся входным отверстием в сторону от Солнца, чтобы предотвратить прямое попадание солнечных лучей на оптику. Наземным службам потребовалось около 20 ч для выяснения причин случившегося и возвращения «Хаббла» в нормальный режим.

Все это время «Дискавери» находился примерно в 70 км от телескопа, и астронавты были готовы предпринять действия для его спасения.

28 апреля экипаж завершил научные эксперименты, а также фото- и кино съемку земной поверхности, в частности африканских рек Конго и Нигер и тропических лесов Бразилии. 29 апреля в 14 час. 50 мин. «Дискавери» приземлился на взлетно-посадочной полосе авиабазы Эдвардс (штат Калифорния). Из-за сильного ветра планируемая посадка на дно высохшего озера не состоялась. Продолжительность полета составила 5 сут 1 ч 16 мин.

Космические исследования

Полярные шапки Тритона

В августе 1989 г., пролетая вблизи спутника Нептуна — Тритона, станция «Вояджер-2» сделала около 10 детальных снимков его поверхности, обращенной к планете.

Их обработка в Лаборатории реактивного движения (Пасадина, штат Калифорния, США) показала, что в районе Южного полюса Тритона находится яркая полярная шапка. Предполагается, что она состоит из азотного «льда», причем вначале газообразный азот выделялся из твердого тела спутника в противоположном полушарии, когда другой полюс освещался Солн-

цем. Проникнув в Южное полушарие в период зимы, этот газ замерз. В момент прохождения «Вояджера-2» азотоледяная шапка находилась в стадии таяния и испарения.

В течение непутоновского года, длящегося 165 земных лет, полярные шапки Тритона занимают то большую, то меньшую площадь. Более темная окраска областей, лежащих к северу от южнополярной шапки, вероятно, объясняется потемнением метана на поверхности Тритона и изменениями в его разреженной атмосфере под воздействием космических лучей, солнечного ультрафиолетового излучения и ионизации частиц, захваченных магнитным полем Тритона.

Science News. 1989. Vol. 136. № 11. P. 167 (США).

Астрофизика

Измерения микроволнового фона на спутнике «СОВЕ»

Начало 1990 г. стало для астрофизиков периодом крушения сенсаций. Почти одновременно «закрыты» два потрясающих открытия прошлых лет: субмиллисекундный пульсар в остатке сверхновой SN 1987A и огромный избыток в субмиллиметровой области космического фонового излучения¹. Оба «открытия» вызвали необычайный энтузиазм теоретиков, посвятивших объяснению этих результатов десятки работ. Пульсар «закрыли» его же «родители», обнаружившие, что его частота (1968 629 Гц) — не что иное, как частота телекамеры, используемой для передачи изображений, получаемых на телескопе, в контрольную комнату земной обсерватории². Виновником отмены второй сенсации стал спутник «СОВЕ» (Cosmic Background Explorer).

Он был запущен 18 нояб-

ря 1989 г. на орбиту высотой 900 км и предназначен для исследования спектра и угловой зависимости в распределении фонового космического излучения. Находящийся на его борту прибор FIRAS представляет собой спектрометр с интерферометром Майкельсона, охлаждаемым жидким гелием до температуры 1,5 К. С его помощью можно получать спектр фонового космического излучения в диапазоне длин волн 1—0,01 мм с шириной диаграммы направленности 7° и точностью 0,001 вблизи максимума (2,7 К) спектра.

Известно, что отклонения спектра космического излучения, испущенного при Большом взрыве, от планковского могут быть обусловлены взаимодействием излучения с веществом на стадиях, соответствующим красному смещению $Z < 10^6$. Это могут быть комптоновское рассеяние, дополнительное излучение пылью или излучение, возникшее от распада каких-либо гипотетических нестабильных частиц.

В 1987 г. японские ученые измерили спектр фона в субмиллиметровой области и зарегистрировали огромное превышение над планковским с температурой около 20 К. Энергия квантов, содержащихся в этом избытке, примерно равнялась энергии квантов во всем планковском спектре³. Такой избыток было довольно сложно объяснить, но в некоторых моделях это удавалось сделать, вводя упомянутые виды излучения.

Данные FIRAS указывают на полное отсутствие какого-либо избытка в спектре фонового излучения; с точностью порядка 1 мК он совпадает с планковским, соответствующим температуре 2,735 К на всех частотах. Полученный результат расценивается авторами, как предварительный⁴. Увеличение статистики позволит повысить точность наблюдений не менее чем в 10 раз.

Близость спектра фонового излучения к планковскому

¹ Kristian J. et al. // Nature. 1989. Vol. 338. P. 234; Matsumoto et al. // Ap. J. 1988. Vol. 329. P. 567.

² Waldrop M. M. // Science. 1990. Vol. 247. P. 910.

³ Matsumoto et al. Proc. XX YAMADA Conference. 1988. P. 213. Mather J. C. et al. COBE Preprint № 90—01. 1990.

уже сейчас позволяет сделать ряд ограничений на свойства вещества во Вселенной. Горячая межгалактическая среда не может быть источником наблюдаемого изотропного рентгеновского фона; устанавливаются очень жесткие ограничения на параметры комптоновского рассеяния; сильно ограничиваются и остальные источники искажений фона. Можно предположить, что в спектре, полученном японскими исследователями в 1987 г., содержалось излучение нашей или ближайшей галактики, не относящееся к изотропному фоновому излучению.

© Г. С. Бисноватый-Коган,
доктор физико-математических наук
Москва

Астрономия

Существуют ли субзвезды!

При массе протозвезды менее $0,08 M_{\odot}$ ядерные реакции в ней не начнутся, а гравитационное сжатие будет остановлено давлением вырожденного газа. Такие объекты, существование которых теоретически вполне возможно, называют коричневыми карликами. На их поиски за последние 5 лет потрачено немало усилий, но все тщетно.

Итоги 6-летних наблюдений лучевых скоростей 65 мало-массивных звезд недавно опубликовали Г. Мерки и К. Бенитц (G. Marcy, K. Benitz, США)¹. Если бы спутником какой-либо из них был коричневый карлик, это можно было бы обнаружить по периодическим колебаниям ее лучевой скорости, причем при орбитальных периодах менее 4 лет «порог обнаружения» составил бы около $0,01 M_{\odot}$. Обнаружено несколько спутников, но все с массой не менее $0,08 M_{\odot}$, т. е. нижним пределом звездной массы. Спутники с большими орбитальными периодами могли бы быть обнаружены по колебаниям координат звезд (так называемые «темные спутники»), но и здесь результат аналогичен: ни одного коричневого карлика надежно не найдено за более чем полувековую историю поиска.

Возможную причину отсутствия коричневых карликов авторы связывают с аккрецией вещества на протозвезду: при любой ее начальной массе падение вещества доведет ее массу до $0,08 M_{\odot}$, после чего вспыхнувшая новорожденная звезда своими звездным ветром разгонит остатки облака, из которого она образовалась и где возможно образование ее спутников — коричневых карликов. Но пока это только гипотеза.

Однако, по данным Б. Кемпбелла (B. Campbell; Гавайский университет, США), полученным во время 7-летних высокоточных измерений лучевых скоростей 18 ярких звезд, близких по массе к Солнцу, у половины из них обнаружено изменение скорости, возможно, вызванное притяжением обращающихся вокруг них спутников массой, примерно равной массе Юпитера ($0,1 M_{\odot}$)².

Этот вывод следует воспринимать с осторожностью, слишком часто в истории астрономии «открывали» несуществующие планетные системы. Но отсутствие более массивных спутников, субзвезд, совершенно очевидно и не оставляет сомнений, что звезды и планеты — объекты разного происхождения, а не две части единого спектра масс небесных тел.

© А. А. Токовинин,
кандидат физико-математических наук
Москва

Химия атмосферы

Атмосферный озон и ультрафиолетовая радиация

Широко известно об опасных последствиях разрушения озонового слоя в стратосфере (на высоте 10 км и больше),

значительно меньше — о том, что концентрация озона в тропосфере (ниже 10 км) возрастает. Между тем, как считает С. Пенкетт (S. A. Penkett; Университет Восточной Англии, Норвич, Великобритания), это может перекрыть влияние разрушения стратосферного озона на интенсивность ультрафиолетовой радиации у поверхности Земли, особенно в Северном полушарии. Возможно, поэтому не произойдет прогнозируемого увеличения заболеваний раком кожи. Изменение концентрации озона в разных частях атмосферы проявится в температуре: тропосфера будет нагреваться, а стратосфера — охлаждаться.

Тропосферный озон усиливает парниковый эффект, в повышенных концентрациях отрицательно действует на растительность, нарушает химические реакции в тропосфере. Тропосферный и стратосферный озон по-разному влияют на биологически активную ультрафиолетовую солнечную радиацию. В тропосфере, где выше концентрация молекул, водных капель и аэрозолей, сильнее рассеяние солнечного света и поглощение ультрафиолета молекулами озона вероятнее. По расчетам, с 1968 по 1982 г. ультрафиолетовая радиация у земной поверхности уменьшилась на 1,7%, несмотря на общее сокращение содержания озона в атмосфере на 1,5% из-за его разрушения в стратосфере.

Nature. 1989. Vol. 341. № 6240.
P. 283—284 (Великобритания).

Метеорология

Сеть доплеровских метеостанций в США

Метеорологическая служба США приступила к развертыванию сети станций системы «NEXRAD» (Next Generation Radar — радиолокатор следующего поколения), действие которых основано на эффекте Доплера. Они способны определять направление и скорость ветра даже при полном отсутствии облачности или осадков.

Существующие метеорологические радиолокаторы получают сигнал, отражаемый от

¹ Marcy G., Benitz K. // *Astrophys. J.* 1989. Vol. 334. P. 441.

² Campbell B. // *Highlights of astronomy.* 1989. Vol. 8. P. 109.

капель атмосферной влаги; новые приборы фиксируют сигнал, отраженный самим воздухом, точнее, границами между его массами, отличающимися влажностью, характером турбулентности и т. п. Теперь можно будет оперативно создать подробную карту циркуляции воздушных масс размерами менее 15 км. Столь высокая разрешающая способность доступна благодаря весьма узкому (около 1°) радиолучу.

Отдельная станция действует на расстоянии до 200 км и высоте до 3 тыс м. Первая станция должна была вступить в строй летом 1990 г. в Нормане (штат Оклахома), где весьма часты и интенсивны торнадо. Эффективность метеостанций повышается и тем, что каждой из них приданы три ЭВМ большого быстродействия.

Сеть «NEXRAD» будет состоять из 175 стандартных станций, разбросанных по всей территории страны (еще 12 планируется установить за рубежом; первая из них испытывается в районе Дарвина, в северной Австралии). Стоимость станции составляет 2,5 млн долл.; расходы на создание всей сети, включая ее разработку, достигнут 1 млрд долл.

New Scientist. 1990. Vol. 125. № 1709. P. 31 (Великобритания).

Физика

Рассеяние электронов на абрикосовских вихрях

Магнитное поле проникает в сверхпроводник второго рода в виде отдельных абрикосовских вихрей, каждый из которых несет квант магнитного потока $\Phi_0 = \hbar c / e = 2,07 \cdot 10^{-7}$ Э · см². Поле максимально в центре вихря и быстро спадает по мере удаления от него.

А. К. Гейм, С. В. Дубовал и А. В. Хаецкий исследовали рассеяние электронов неоднородным магнитным полем абрикосовских вихрей, возникающих в тонкой (~0,2 мкм) пленке свинца, помещенной в магнитное поле, перпендикулярное ее поверхности. Над пленкой располагалась гетероструктура

GaAs/Ga_{0,7}Al_{0,3}As, двумерный электронный газ которой и подвергался воздействию магнитного поля вихрей.

Сравнивались зависимости сопротивления гетероструктуры от магнитного поля в вихревом поле и в контрольном образце (помещенном в однородное поле в отсутствие пленки свинца). Из-за дополнительного рассеяния электронов на вихрях сопротивление в первом случае было выше. При увеличении магнитного поля эффект исчезал (когда расстояние между вихрями становилось меньше лондоновской глубины проникновения, составляющей 0,1 мкм для пленки свинца).

Эффект наблюдался в образце с большой длиной свободного пробега электронов (около 2 мкм, т. е. значительно превышающей лондоновскую глубину), а при ее уменьшении до 0,3 мкм исчезал. Механизм рассеяния электронов на вихрях весьма специфичен.

Метод позволяет исследовать взаимодействие электронов с микроскопически неоднородным магнитным полем, создать которое другим способом невозможно.

Письма в ЖЭТФ. 1990. Т. 51. Вып. 2. С. 107—110.

Физика

Рекордно низкая температура ядер

П. Хаконен и Ши Ин (P. Hakonen, Shi Yin; Лаборатория низких температур Хельсинкского технологического университета, Финляндия) методом адиабатического ядерного размагничивания достигли рекордно низкой температуры ядер — 0,8 нК.

При сверхнизких температурах необходимо различать температуры ядер и электронов. Метод ядерного размагничивания приводит к охлаждению только ядер, которые в свою очередь охлаждают электроны. Характерное время выравнивания температур обратно пропорционально температуре электронов и может быть очень большим при низких темпера-

турах (при 100 мК для серебра это время порядка 24 ч, а для меди — 1,5 ч). Неизбежный внешний приток тепла поглощается электронами, поэтому охладить их сложнее, чем ядра. Минимальная температура электронов, равная 13 мК, получена в Университете Ланкастера (Англия), она более чем в 10^4 раз выше, чем рекордная ядерная температура. Однако именно плохая тепловая связь электронов и ядер позволяет получать очень низкую ядерную температуру при относительно высокой температуре электронов и проводить исследования эффектов ядерного магнитного упорядочения, определяемых температурой ядер.

Цель экспериментов в Хельсинки — обнаружение ядерного магнитного упорядочения в серебре¹. Для охлаждения использовались две ступени размагничивания: медная и серебряная (которая одновременно служила исследуемым образцом). Обе предварительно охлаждались в сильном (порядка 8 Т) магнитном поле до 15—20 мК с помощью криостата растворения ³He в ⁴He. Затем они термически изолировались от криостата, и магнитное поле на медной ступени уменьшалось в несколько сот раз. При этом медная ступень охлаждалась до примерно 50 мК и до этой же температуры охлаждала электроны проводимости серебра, которые в свою очередь снижали температуру ядер серебра до сотен микрокельвинов. Дальнейшее размагничивание уже серебряной ступени и позволило получить рекордную температуру ядер (температура электронов при этом не изменилась и определялась температурой медной ступени). Ядерное магнитное упорядочение в серебре детектировалось сверхпроводящим квантовым интерферометром.

© В. В. Дмитриев,
кандидат
физико-математических наук
Москва

¹ Physics Today. 1989. № 10. P. 26—33.

Физика

Крупнейший детектор нейтрино

Утвержден проект строительства крупнейшего в мире детектора нейтрино. Он будет сооружен в районе Садбери (северная часть провинции Онтарио, Канада) на глубине около 2 тыс. м в отработавшей шахте, вырытой среди древних пород Канадского щита. Строительство планируется завершить в 1995 г., после чего к исследованиям приступят ученые из США, Канады и Великобритании.

Чувствительность детектора должна в 50 раз превысить чувствительность существующих сейчас аналогичных установок, причем будут детектироваться все три типа нейтрино: электрон-

ное, мюонное, и τ -нейтрино. За сутки установка способна идентифицировать до 30 нейтринных событий.

Основным ее элементом является тяжелая вода, в тысячу раз более чистая, чем используемая сейчас. Содержащийся в ее дейтерии «лишний» нейтрон вступает в реакцию с электронным нейтрино, возникающее черенковское излучение и регистрируется фотоумножителем. В другой реакции с дейтерием участвуют нейтрино всех типов, так что можно измерить и общий их поток.

Тысяча тонн тяжелой воды будет заполнять прозрачный акриловый контейнер высотой с 10-этажный дом. Черенковское свечение будет регистрировать 2 тыс. фотоумножителей, расположенных вокруг него. От внешнего пространства контей-

нер и датчики будут изолированы слоем обычной воды, чтобы предотвратить воздействие солнечного излучения.

Авторы проекта — Дж. Юэн (G. Ewan; Королевский университет, Кингстон, Онтарио) и У. Дейвидсон (W. Davidson; Национальный исследовательский совет Канады, Торонто). Руководит сооружением А. Макдональд (A. McDonald; Королевский университет). Общая стоимость строительства составляет 61 млн канадских долларов.

New Scientist. 1990. Vol. 125. № 1699. P. 30 (Великобритания).

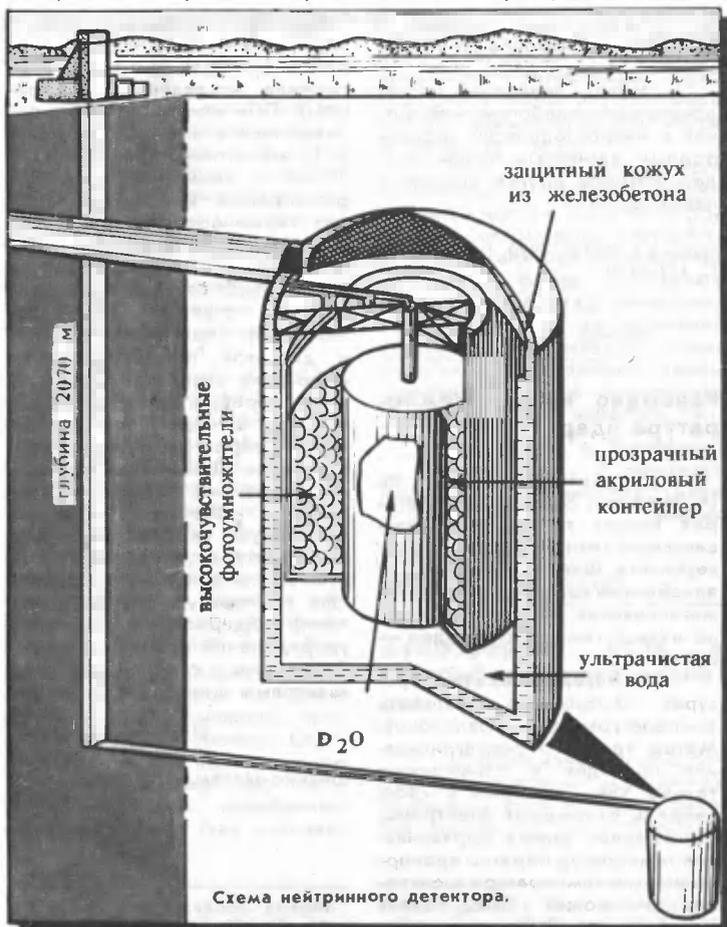
Физика

Эйнштейн снова оказался прав

В ноябре 1980 г. «Вояджер-1» прошел всего в 180 тыс. км от Сатурна. На его борту был установлен радиопередатчик, работавший на частоте 2,3 ГГц. Отклонения от этого значения не превышали 10^{-2} Гц. Радиосигналы принимались сетью станций слежения, расположенных на всех континентах. Собранные данные почти 10 лет изучались группой под руководством Т. Кричера (T. Kricher; Лаборатория реактивного движения, Пасадина, штат Калифорния, США). Установлено, что при пересечении «Вояджером-1» области интенсивного тяготения Сатурна частота поступающего на Землю сигнала отклонилась на несколько герц.

Согласно общей теории относительности Эйнштейна, всякое излучение, вынужденное «выбираться из гравитационного колодца», т. е. преодолевать поле тяготения, неизбежно теряет энергию. Таким полем обладает любая планета, отсюда наблюдаемый эффект красного смещения, поскольку потеря энергии приводит к сдвигу частоты излучения в видимой части спектра в сторону красного цвета.

Сдвиг частоты сигнала «Вояджера-1» при пересечении им гравитационного поля Сатурна менее чем на 1 % отличался от значения, предсказываемого теорией Эйнштейна. Сейчас



группа Кричера уточняет полученные результаты, используя для этого данные «Вояджера-2» в системе Юпитера, хотя на них и повлияла мощная радиация этой планеты, воздействовавшая на бортовые приборы.

Physical Review Letters. 1990. Vol. 64. P. 1322 (США).

Иммунология

Генная инженерия против коклюша

Ежегодно в мире коклюшем заболевают 20 млн детей, из них 1,5 млн погибают. В случае применения противокклюшной вакцины риск летального исхода снижается до 0,5 млн. Однако существующая вакцина опасна для здоровья, так как иногда вызывает грубые мозговые нарушения: риск возникновения мозговых осложнений при вакцинации составляет $3 \cdot 10^{-6}$. По этой причине в Великобритании, например, только менее 30 % родителей позволяют делать прививку против коклюша своим детям.

Известно, что возбудителем коклюша является бактерия *Bordetella pertussis*, продуцирующая коклюшный токсин. Именно он, стимулируя защитную иммунную реакцию человеческого организма, одновременно вызывает и вредные последствия.

Сотрудники биотехнологической компании «Эймсдайн» (Калифорния, США) методами генной инженерии создали менее опасную вакцину против коклюша. Вначале они выделили и клонировали ген (в клетках бактерий *Escherichia coli*), кодирующий коклюшный токсин, а затем размножили и пять фрагментов этого гена — по числу субъединиц, составляющих токсин. В последующем исследователям удалось достаточно точно определить область, ответственную за токсичность, а из фрагментов соответствующего гена получить мутанты, которые приволили к замене в токсине отдельных аминокислотных остатков. В культуре клеток определялась степень вредного действия всех этих мутантных токсинов и оказалось, что токсичность одного из них резко

снижена. Этот мутант отличался от природного токсина лишь одним аминокислотным остатком. Это дает надежду на сохранение у него свойства стимулировать иммунитет.

До начала клинических испытаний новой вакцины, как считают авторы, понадобится еще 2—3 года.

New Scientist. 1989. Vol. 124. № 1696/1697. P. 20 (Великобритания).

Генетика

Механизм самонесовместимости у растений

Самоопыления у многих растений не происходит из-за наличия генов самонесовместимости, однако механизм их функционирования неизвестен. Часто признак самонесовместимости обусловлен ядерным геном (S-геном), представленным у разных экземпляров одного и того же вида различными аллелями. В нормальной (диплоидной) клетке растения присутствуют два одинаковых или разных аллеля. При опылении растения пыльцой, которая несет оба аллеля или хотя бы один из тех, что имеется в пестике, пыльцевая трубка не растет и яйцеклетка не оплодотворяется.

Исследователи из Мельбурнского университета (Австралия) проанализировали различные аллели S-гена одного из видов табака *Nicotiana glauca*, не способного к самоопылению, и показали, что все они кодируют гликопротеиды (белки, содержащие углеводы). Оказалось, что эти белки не только гомологичны определенным рибонуклеазам, но некоторым аминокислотным последовательностям. Белковые экстракты из пестиков *N. glauca* обладают высокой рибонуклеазной активностью, причем она вызвана в основном изучаемыми гликопротеидами.

Специфическая рибонуклеазная активность экстрактов из *N. glauca* в 100—1000 раз выше, чем экстрактов, полученных из родственного, но самоопыляющегося вида *N. glauca*. Ана-

логичные результаты получены при сравнении двух близких линий томата *Lycopersicon peruvianum*, одна из которых обладала признаком самонесовместимости, а другая была способна к самоопылению.

Оказалось также, что пыльцевые трубки чувствительны к действию внеклеточных рибонуклеаз, например, в пробирке их рост подавлялся рибонуклеазой, выделенной из бычьей поджелудочной железы. Таким образом, предполагают авторы работы, именно действие рибонуклеаз лежит в основе самонесовместимости. Из клеточек пестика гликопротеиды, обладающие рибонуклеазной активностью, выделяются в слизь на рыльце, где прорастает пыльца и, видимо, проникают в пыльцевую трубку. Там они разрушают РНК, чем вызывают нарушение синтеза белка и замедление роста.

Эта схема подтверждается и экспериментами по межвидовой гибридизации. При опылении *N. glauca* пыльцой *N. glauca* пыльцевые зерна практически не прорастают, но если *N. glauca*, чьи пестики не обладают рибонуклеазной активностью, опылить пыльцой *N. glauca*, несущей любые аллели S-гена, пыльцевые трубки растут нормально.

Поскольку признак самонесовместимости у *N. glauca* обусловлен только S-геном, распознавание пыльцы (своей или чужой) возможно при условии, что ген экспрессируется в пыльцевой трубке. Однако в экстрактах из прорастающей пыльцы рибонуклеаз почти нет — есть белки, кодируемые S-геном, но они не обладают рибонуклеазной активностью. Видимо, растущая пыльцевая трубка поглощает рибонуклеазу из пестика, и если пыльца несет аллели S-гена, отличающиеся от пестиковых, гликопротеиды из последних инактивируются и пыльцевая трубка растет нормально. В том случае, когда пыльца не содержит S-гена или имеет одинаковые с пестиком аллели, рибонуклеазы разрушают РНК и рост пыльцевой трубки прекращается.

Nature. 1989. Vol. 342. № 6252. P. 955—957 (Великобритания).

 Медицина

Костный мозг предотвращает отторжение пересаженной почки

Отторжение пересаженных почек — основная причина неудачных исходов операций. Для предупреждения отторжения обычно используют препараты, подавляющие иммунную систему реципиента. Однако, несмотря на это, часто трансплантат все же отторгается. Кроме того, эти препараты могут вызывать побочные реакции и последствия, неблагоприятные для здоровья больного, а иногда и опасные для его жизни: они увеличивают вероятность инфекции, могут нарушить функцию почек, вызывают гипертонию, диабет и т. д. Поэтому постоянно идет поиск новых путей борьбы с отторжением пересаженных органов.

В экспериментах на животных удалось достичь иммунологической толерантности (восприимчивости генетически чужеродной ткани). Лимфоциты, участвующие в реакции отторжения, инактивировали, вводя антилимфоцитарную сыворотку, избирательно убивающую только эти клетки, а затем вводили в кровь реципиента лимфоциты или клетки костного мозга того донора, от которого получали орган для трансплантации. При этом пересаженный орган приживался без использования лекарственных иммунодепрессивных препаратов или других воздействий.

У. Барбер с сотрудниками (W. Barber; кафедра хирургии и медицины Университета штата Алабама, Бирмингем) впервые применили подобный метод в клинической практике, пересадив больному почки умершего человека. У доноров, погибших в результате повреждения головного мозга, брали почку и одновременно костный мозг, который хранили в жидком азоте (—196 °С). Почки не позже, чем через 20—30 ч, пересаживали больному с почечной недостаточностью. В первые 3 недели после пересадки больные получали иммунодепрессанты — циклоспорин, преднизолон и азатио-

прин, а также антилимфоцитарную сыворотку. Когда уровень лимфоцитов снижался до минимума, костный мозг от того же донора размораживали и вводили в кровь больного. Дозу принимаемых препаратов постепенно уменьшали, если пересаженная почка функционировала нормально. Восемь больных из 20 через 3—6 мес. полностью отменили прием всех иммунодепрессантов, а остальные принимали минимальные дозы препаратов. Не было ни одного случая отторжения. Суммарная доза иммунодепрессантов, полученных пациентами, была вдвое меньше, чем у больных, которым пересадили почку без сопутствующей пересадки костного мозга и которым для профилактики отторжения проводили обычную иммунодепрессивную терапию.

Итак, показана возможность избежать отторжения почек после пересадки с полной отменой иммунодепрессивной терапии. Это открывает новые пути в трансплантологии.

Transplantation. 1989. Vol. 47. № 1. P. 66—71 (США).

 Медицина

ЯМР-диагностика мышечных повреждений

Клиническая оценка локализации и степени повреждений мышц под нетронутым кожным покровом обычно основана на результатах биопсии мышечной ткани и определении содержания в крови креатинфосфокиназы и ряда других ферментов. Оба метода допускают ошибки в диагнозе.

Дж. Флекенштейн (J. Fleckenstein; Университет Юго-Западного медицинского центра, США) предложил определять степень повреждения мышечной ткани с помощью ЯМР-спектроскопии. Автор исследовал мышцы с повышенной болевой чувствительностью у спортсменов-марафонцев сразу после окончания дистанции и после длительного отдыха. Он обнаружил, что поврежденные участки выявляются на экране в виде светлых пятен, свидетельствующих о локальном повышении температуры при изменении распределения жидкости

в мышечной ткани до и после физических нагрузок. Удивительно, что эти изменения сохраняются длительное время после снятия нагрузок (даже после того, как исчезли болевые симптомы). Итак, для лечения повреждений мышц требуется больше времени, чем считали на основании старых методов. В настоящее время ЯМР-диагностика проходит клинические испытания.

Radiology. 1989. Vol. 172. № 3. P. 793—798 (США).

 Биохимия

Аскорбиновая кислота — активный антиокислитель

Человеческий организм в течение жизни подвергается действию оксидантов (окислителей), как находящихся внутри организма, так и воздействующих извне. Известно, что оксиданты могут быть причиной обострения, а иногда и возникновения многих заболеваний, особенно связанных со старением организма, включая болезни сердца, обмен веществ, атеросклероз, опухоли и др. Наиболее вредны свободные радикалы, появляющиеся, например, при действии излучения или некоторых химических соединений на организм. Они разрушают липиды крови, главным образом липопротеины низкой плотности, что ведет к образованию на стенках кровеносных сосудов холестериновых бляшек и тем самым к сужению и закупориванию сосудов.

Защищая организм от оксидантов аскорбиновая кислота, билирубин, витамин Е (α-токоферол) и другие вещества, обладающие антиокислительными свойствами. Ученые во главе с Б. Фреем (B. Frei; Калифорнийский университет, США) исследовали эти антиокислители. Они показали, что имеющаяся в организме аскорбиновая кислота способна полностью подавлять действие свободных радикалов (другие антиоксиданты подавляют не более 70 % этих соединений). Вывод сделан в результате экспериментов с плазмой крови человека, содер-

жащей свободные радикалы когда обнаружили, что только после того, как полностью израсходуется аскорбиновая кислота, «вступают в действие» остальные антиоксиданты. Плазма крови, лишенная аскорбиновой кислоты, но содержащая другие антиоксиданты, уязвима для разрушительного воздействия свободных радикалов. Отсюда следует необходимость поддержания в организме нужного уровня витамина С.

Proceedings of the National Academy of Sciences of USA. 1989. Vol. 86. № 16. P. 6673—6681 (США).

Биохимия

Новый кровезаменитель

Американская компания «Биопур» начала выпускать новый кровезаменитель, содержащий гемоглобин из крови коров. По мнению авторов, препарат будет иметь ряд преимуществ перед кровью доноров. В частности, он хранится дольше — около полугода — и не может стать источником таких заболеваний, как СПИД или гепатиты. Кроме того, коровий гемоглобин можно получать практически в неограниченных количествах и вводить любому человеку независимо от его группы крови.

Коровий гемоглобин, который является побочным продуктом, получаемым из крови коров при их забое, в процессе приготовления подвергают многократной очистке, в результате чего из него удаляют посторонние примеси (фрагменты стенок эритроцитов), а также вещества, обладающие токсическими свойствами или стимулирующие иммунные реакции. Очистку осуществляют ультрафильтрацией и хроматографией на колонках. Но даже такой высокоочищенный гемоглобин еще не может быть введен человеку, так как после обработки он представляет собой индивидуальные молекулы гема, составной части гемоглобина, быстро разрушаемые в организме. Чтобы этого не произошло, моле-

кулы гема химически связывают в более крупные комплексы, которые, попав в организм, могут сохраняться в течение недели, не теряя своей функции переносчика кислорода. В опытах, проведенных на овцах, которым удаляли селезенку, а затем выпускали 95 % крови, однократное введение коровьего гемоглобина сохраняло жизнь животным более месяца.

К настоящему времени новый кровезаменитель успешно прошел испытание на разных видах животных — от крыс до приматов — и дал хорошие результаты. Если он успешно пройдет клинические испытания, то сможет широко применяться как эффективный и дешевый кровезаменитель.

New Scientist. 1990. Vol. 125. № 1700. P. 36 (Великобритания).

Биотехнология

«Ранний» табак

Японские исследователи во главе с Х. Утимия (H. Uchi-miya; Университет префектуры Ибараки) вывели растения табака, зацветающие на один месяц раньше, чем обычно.

Они идентифицировали ген, ответственный за раннее созревание растений и преждевременное их цветение за счет более короткого стебля. Этот ген выделили из плазмиды (внехромосомного наследственного фактора) штамма почвенных бактерий, инфицирующего растения табака. Его встроили в клетки табака и получили растения, у которых определяли сроки цветения. Из 35 растений большинство зацвели на три недели, а некоторые на месяц раньше, чем контрольные. Создание быстро и синхронно зацветающих линий растений может увеличить урожай многих ценных сельскохозяйственных культур, поэтому японские исследователи собираются продолжать эксперименты по встраиванию данного гена в другие виды растений.

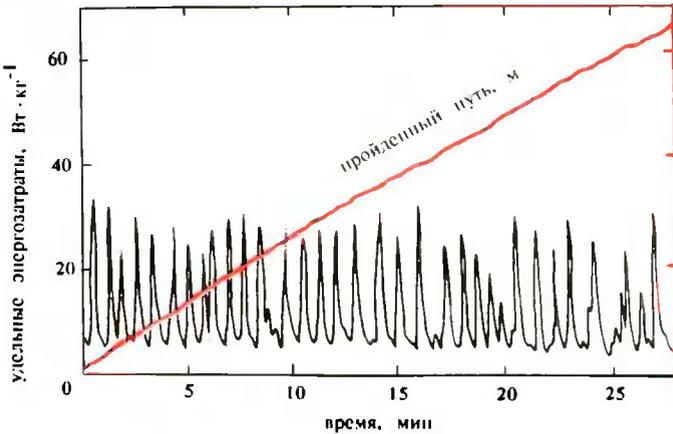
Biotechnology. 1989. Vol. 7. P. 557 (США)

Биология

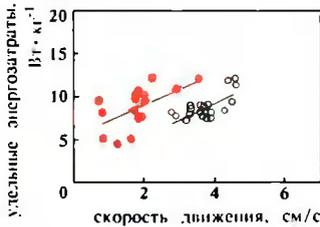
Энергетика движения муравья

Энергетика движения — одного из важнейших сторон жизнедеятельности животных — привлекает внимание ученых, работающих, впрочем, большей частью с позвоночными. Оказалось, что для позвоночных с массами, различающимися на несколько порядков, выполняется эмпирическое правило: чем меньше животное, тем выше у него энергетические затраты на перемещение единицы массы. Причины этого непонятны; неизвестно также, справедливо ли это для беспозвоночных, уступающих по размеру большинству позвоночных и отличающихся от них строением. Движение насекомых, правда, изучали, закрепляя их неподвижно относительно земли и заставляя перебирать ногами по движущейся дорожке, но никто детально не изучал свободно бегущее насекомое, не измерял у него газообмен, по которому можно судить о затрачиваемой энергии. Это недавно сделали Дж. Лайтон и Д. Финер (J. R. B. Lighton, D. H. Feener; лаборатория биомедицинских и экологических наук Университета Калифорнии, Лос-Анджелес, США).

Для исследований выбрали собирающих семена муравьев-жнецов (*Pogonomyrmex ruginosus*). Они вентилируют тело редкими дыхательными движениями, распределяя кислород за счет конвекции (в отличие от животных с непрерывным дыханием и диффузией кислорода); таким образом уменьшаются потери воды при дыхании. Муравья сажали в стеклянную замкнутую трубку длиной 1 м и диаметром 10 мм, где он мог свободно двигаться; регистрировали количество и динамику выделения углекислого газа, скорость движения муравья; контролировали температуру. Исследователи определили энергетический эквивалент метаболизма (отношение энергозатрат к количеству выделяемого CO_2), который оказался равен $27,9 \text{ Дж/см}^3$. В другой



Удельные энергозатраты, оценённые по выделению CO_2 , свободно движущегося муравья (при 40°C). Пики на кривой обусловлены циклическими изменениями определяемых величин в связи с прерывистостью дыхания; в действительности энергозатраты от цикла к циклу почти не меняются.



Зависимость удельных энергозатрат муравья от скорости бега (при 34°C): полые кружки — данные для свободно движущихся муравьёв, цветные — для муравьёв на движущейся дорожке. При других температурах (37 , 40 и 43°C) результаты похожи; энергозатраты во втором случае выше и с ростом температуры не изменялись.

серии экспериментов муравьёв (тоже в замкнутом пространстве) перебирал ногами по движущейся дорожке.

Оказалось, что энергетические затраты муравья, соотнесённые со скоростью бега, примерно на 50% ниже расчётных (выведенных на основании работы с позвоночными). Возможно, разные виды насекомых различаются по данному показателю. Сравнительно низкие энергетические затраты муравья авторы связывают с редким дыханием ($1-2$ вдоха в мин.), согласующимся с темпами метабо-

лизма и скоростью движения. В экспериментах на движущейся дорожке дыхание учащалось и не коррелировало ни с темпами метаболизма, ни с температурой. В итоге энергетические затраты росли: в пересчёте на состояние покоя — на 72% . Это пример того, как вмешательство в систему ради ее изучения меняет саму систему. Однако другие закономерности, обнаруженные с помощью подвижной дорожки, вполне совпадают с полученными на свободно движущихся муравьях.

Nature. 1989. Vol. 342. N 6246. P. 174—175 (Великобритания).

Биология

«Пчелиный дождь»

В Юго-Восточной Азии внимание издавна привлекал так называемый «желтый дождь» — выделения гигантских пчел *Apis dorsata* во время массового лета. И вот М. Мардан (M. Mardan; Университет штата Селангор, Малайзия) объяснил это явление. Он обнаружил, что массовый лет и «желтый дождь» происходят при максимальном температурном стрессе пчел — в основном между 9 и 12 час., когда воздух нагревается особенно резко, и иногда — между 16 и 18 час., когда нет ветра. Средняя температура воздуха в 17 наблюдениях составила $29,5 \pm 1^\circ\text{C}$, относительная влажность — $53 \pm 6\%$. Температура

в летящем рое возрастала почти до 37°C ; дальнейший ее подъем вызвал бы гибель пчел и личинок. Выделяя из тела жидкость («потей»), пчелы повышают потери тепла, что препятствует дальнейшему разогреву.

Nature. 1989. Vol. 341. N 6239. P. 191 (Великобритания).

Зоология

Головастики приспосабливаются

У большинства видов бесхвостых земноводных Евразии головастики обитают в стоячих водах — прудах, болотах, озерах и т. п. Однако некоторые приспособились к жизни в водах с быстрым течением, например горных ручьях. Особенно распространено это в субтропиках и тропиках Старого и Нового Света, где земноводные очень разнообразны. Обитающим в ручьях головастикам необходимо противостоять течению, чтобы их не сносило. Французские исследователи М. Ламотт и Ж. Лескюр (M. Lamotte, J. Lesclure) разделили таких головастиков на несколько групп по способам адаптации к условиям жизни.

Рыбообразным головастикам удерживаться в потоке помогает удлинённый мускулистый хвост. К этой группе принадлежат представители родов *Astylosternus* и *Leptodactylon* в Африке, *Centrolenella* в Америке, *Leptotalax* в Азии. Головастики с уплощённой формой тела и развитой мускулатурой живота крепко присасываются ко дну. Они живут иногда и на камнях, увлажняемых просачивающейся из земли водой (например, *Bufo perreti* в Африке, *Thorora* и *Cyrtogramphus* в Южной Америке). У части головастиков для присасывания служит рот, снабжённый многочисленными роговыми зубчиками или сосочками. К этой группе относятся личинки *Copaia* и *Heleophryne* в Африке, *Ansonia* и *Staurois* в Азии, *Ascaphus truei* и некоторые *Hyla* в Америке. Некоторые виды, имеющие рот в форме воронки, пользуются им для присасывания временно (например, *Hyla*

uranochroa и Phyllomedusa guttata в Америке, Mantidactylus aemumalis на Мадагаскаре, Megophrys parva в Азии). Головастики со специальной присоской на животе (Amolops в Азии и Atelopus в Америке) могут питаться, находясь в фиксированном положении.

Таким образом, в разных группах бесхвостых земноводных развивались сходные способы адаптации к обитанию в проточных водах. По мнению исследователей, это результат конвергенции.

Annales des Sciences Naturelles, Zoologie. 1989. Serie 13. Vol. 10. P. 111—122. (Франция).

Сейсмология

Землетрясения на подводном хребте Рейкьянес

С 21 мая по середину июня 1989 г. на подводном хребте Рейкьянес (северная часть Срединно-Атлантического хребта) отмечалась непрерывная сейсмическая активность. Столь длительный ее характер позволяет считать, что происходила интрузия или даже прорыв магмы в земную кору.

Толчки регистрировались береговой сейсмической станцией Исландии в 300—340 миль к юго-западу от южной оконечности п-ова Рейкьянес. Очаги землетрясений были расположены на глубине 50—70 км. Наиболее мощные толчки отмечались 22 мая: в том день их было зарегистрировано 45, причем 22 — с магнитудой $M > 4,5$ (самый сильный толчок имел $M = 4,9$). Через несколько дней уровень сейсмичности понизился и сохранялся относительно стабильным на протяжении 2,5 недель. Однако 11 июня вновь отмечались более сильные толчки.

13 июня с самолета были сброшены акустические буи. Они зарегистрировали за 4 ч, в течение которых велся прием информации, 140 слабых толчков (береговая аппаратура уловить их не смогла).

Earth Science. 1989. Vol. 42. № 3. P. 30 (США).

Сейсмология

Сан-Францисская катастрофа изучается

Землетрясение в Калифорнии 17 октября 1989 г. (официальное наименование Лома-Приетское — по названию ближайшей к эпицентру горы) унесло почти 100 жизней и причинило миллиардный ущерб; жертв могло быть больше, если бы эпицентр не лежал в полупустынной гористой местности (примерно в 100 км от многомиллионного Сан-Франциско). Этот район известен специалистам как южный Санта-Крусский сегмент разлома Сан-Андреас. Здесь, на глубине около 18 км, проходит участок соприкосновения Тихоокеанской и Северо-Американской литосферных плит — первая медленно смещается относительно второй на северо-запад. Их взаимодействие и привело к землетрясению.

По данным Геологической службы США, «вспарывание» земной коры началось в точке с координатами $37^{\circ} 1' \text{ с. ш.}$ и $121^{\circ} 54' \text{ з. д.}$; разлом глубиной от 4 до 18 км протянулся примерно на 45 км. Поверхностных нарушений вдоль разлома до землетрясения не наблюдалось. Глубинная часть разрыва представляет собой праволатеральный сдвиг — на космических снимках заметны следы смещения участка коры на 1,8 м вправо (если смотреть в западном направлении, в сторону Тихоокеанской плиты). Вертикальное смещение в среднем составило около 1,2 м. Именно наложение вертикального и горизонтального движений и привело, видимо, к толчку большей силы, чем можно было ожидать.

Район Лома-Приета — наиболее глубоко залегающий отрезок разлома Сан-Андреас, который был «виновником» катастрофы 1906 г., разрушившей Сан-Франциско. Наше землетрясение на два порядка слабее, но связь между ними существует.

В 1906 г. сдвиг коры в северной части разлома достигал 6 м, а в южной — 1—2. Сан-Андреас — это сдвиговый раз-

лом; здесь толчки происходят с определенной последовательностью: снятое «распарыванием» напряжение в растягиваемой земной коре со временем накапливается вновь и когда достигает уровня, превышающего ее прочность, происходит новый сдвиг и снова — «накопление сил». Таким образом, южный Санта-Крусский сегмент накопил силы на 1,5-метровый сдвиг, что значительно меньше, чем у северной оконечности разлома (6 м). Отсюда делается вывод, что события масштаба 1906 г. возможны в северной части разлома лишь через 200 и даже более лет (чем больше смещение, тем дольше интервал между последовательными землетрясениями). Зато Лома-Приетское землетрясение 1989 г. весьма схоже с событиями 1906 г. при разрыве Санта-Крусского сегмента: смещение в обоих случаях примерно одинаково, вспарывание коры на поверхности не проявлялось, что затрудняло его прослеживание.

Непосредственных предвестников Лома-Приетское землетрясение не имело, отмечены лишь два незначительных форшока за несколько часов до него. Но в ретроспективе видно, что подготовка все же шла: в июне 1988 г. зарегистрирован толчок магнитудой 5,1, в августе 1989 г. — магнитудой 5,2. Вслед за этим Управление по чрезвычайным мерам штата Калифорния опубликовало предупреждение о возможности более сильного толчка (кстати, это сделано впервые в штате), однако срок действия такого предупреждения — всего несколько суток.

Специалисты обращают внимание на то, что это землетрясение заполнило зону «сейсмического молчания» — временной и пространственной пробел в сейсмических событиях активной зоны. На схеме толчков в зоне разлома Сан-Андреас между январем 1969 и июлем 1986 г. отчетливо заметны пробелы в районах Лома-Приета и Паркфилд (тоже Калифорния). Первый «заполнен» в октябре 1989 г.; предост ли и в районе Паркфилд мощное землетрясение и когда?

Население южной части Калифорнии обеспокоено тем,

что Геологическая служба США еще в 1988 г. оценила вероятность толчка вблизи Лос-Анджелеса выше, чем у залива Сан-Франциско; считается, что в ближайшие 30 лет землетрясение магнитудой 7 или более здесь возможно с вероятностью около 60 %, причем скорее всего на участках разлома Сан-Андреас, лежащих в горах Сан-Бернардино и долине р. Коачелья.

New Scientist. 1989. Vol. 124. № 1688. P. 19—20 (Великобритания).

Океанология

Первые итоги океанографической экспедиции

В конце сентября 1989 г. в порт Барри (Уэльс, Великобритания) вернулся флагман английского научно-исследовательского флота «Чарлз Дарвин». Его рейс протяженностью 200 тыс. км продолжался около трех лет, в течение которых 200 научных сотрудников вели океанографические и метеорологические наблюдения.

Метеорологи во главе с К. Лоу (C. Law; Плимутская морская лаборатория) установили, что продукты жизнедеятельности бактерий, населяющих воды Индийского океана, играют значительно большую роль в насыщении атмосферы окислами азота, чем полагали до сих пор; прежде главным поставщиком окислов азота в мировое воздушное пространство считали автотранспорт¹.

Группа из Института океанографических наук в Годалминге (графство Суррей) во главе с Д. Уэббом (D. Webb), измеряя параметры поверхностных вод в центральной части Тихого океана, к северу от о. Новая Гвинея, заключила, что в возникновении Эль-Ниньо перепады солености играют не меньшую роль, чем теплообмен между поверхностью

океана и атмосферой: повышенная плотность вод с высокой соленостью является важной частью механизма, блокирующего обычный водообмен в океане и создающего тем самым условия для образования Эль-Ниньо.

Наблюдения в Аравийском море, выполненные под руководством Д. Олсона (D. Olson; Университет в Майами, штат Флорида, США), показали, что сезонные изменения в направлении течений, происходящие здесь с наступлением периода муссонов, охватывают всю толщу вод — вплоть до самого дна, чего нигде более пока зарегистрировать не удавалось. Эта же группа обнаружила, что биопродуктивность Индийского океана существенно выше, чем считали специалисты: мощные летние муссоны, дующие с океана на сушу, ведут к подъему огромной массы глубинных вод, богатых питательными веществами, которые используются планктоном. С другой стороны, апвеллинг вызывает истощение кислорода в глубинных слоях: поток опускающихся отмерших организмов взрывообразно увеличивает численность микроорганизмов, поглощающих кислород.

Работавшие на борту геофизики обнаружили на северо-западе Индийского океана неизвестную до сих пор впадину глубиной около 8 км.

Обработка результатов экспедиции займет несколько лет. Тем временем «Чарлз Дарвин» стал на капитальный ремонт.

New Scientist. 1989. Vol. 123. № 1683. P. 24 (Великобритания).

Геоэкология

Мониторинг геологической среды

По экспертным оценкам, прямой материальный ущерб от негативных процессов в литосфере, связанных с неудовлетворительной хозяйственной деятельностью (например, размещением промышленных и агропромышленных комплексов, водохозяйственных систем, АЭС

и др. без надежного экологического обоснования), достигает 10 млрд руб./год. Изучение состояния геологической среды, прогноз ее изменений под влиянием техногенных факторов, определение экологически допустимых техногенных нагрузок стали поэтому одной из важнейших социально-экономических задач современной геологии.

Наиболее опасно в экологическом отношении загрязнение подземных вод нефтепродуктами, фенолами, тяжелыми металлами, нитратами, пестицидами и т. п., а также истощение ресурсов подземных вод или, наоборот, подтопление населенных пунктов и земельных угодий грунтовыми водами. Для оценки состояния подземных вод и их охраны в системе Мингео СССР организована специализированная служба из 120 гидрорежимных партий. Созданной региональной сетью из 42 тыс. пунктов для наблюдений за подземными водами ежегодно обследуется до 25 тыс. водозаборов, шламонакопителей, свалок и других объектов, могущих загрязнить подземные воды; выявлено 116 очагов такого загрязнения. До 2005 г. число гидрорежимных партий увеличится до 160, а наблюдательная сеть — до 90 тыс. пунктов; будет создана автоматизированная система получения, передачи и обработки данных.

Значителен урон от техногенной активизации таких геологических процессов, как оползни, сели, обвалы, карст, абразия морских побережий, просадка пород. Для их предупреждения и снижения наносимого ими ущерба в Мингео создана служба наблюдений (15 тыс. пунктов) за развитием экзогенных процессов и прогноза их активизации. Для заинтересованных организаций составляются карты развития опасных геологических процессов по районам с рекомендациями по их предотвращению (благодаря оперативной деятельности инженерно-геологической службы удалось предотвратить тяжелые последствия в оползневоопасных районах Дагестана, Чечено-Ингушетии, Аджарии).

Многие аспекты геоэколо-

¹ Подробнее о поступлении в атмосферу газов бактериального происхождения см.: Заварзин Г. А., Кларк У. Биосфера и климат глазами биологов // Природа. 1987. № 6. С. 65—77.

гии как междисциплинарной науки пока недостаточно разработаны, и исследования ведутся на базе традиционных методов, однако фундаментальные наработки уже имеются в ряде институтов и научно-производственных объединений. Для повышения эффективности геоэкологические работы предлагается разделить на три стадии: геоэкологическую съемку (картирование и картографирование); геоэкологическую разведку (изучение очагов загрязнения — геохимических аномалий) и специализированные работы по геоэкологическому обоснованию захоронения отходов; мониторинг геологической среды (примером которого может служить «Литомониторинг СССР» — комплексная система контроля геологической среды, разработанная и реализуемая ВСЕГИНГЕО).

На 1991—1995 гг. и на перспективу до 2005 г. организация Мингео составлена комплексная программа геоэкологических работ.

Разведка и охрана недр. 1990.
№ 3. С. 3—10.

Агроэкология

Новые направления в растениеводстве

В современном растениеводстве все чаще встречаются смешанные посевы, позволяющие в сочетании видов более полно использовать ресурсы и уменьшить количество вносимых удобрений и пестицидов. Теоретической базой создания таких сообществ является принцип дифференциации экологических ниш, отмечаемый и в естественных сообществах. Эти исследования ведутся во всем мире, однако в умеренной полосе они ограничены в основном однолетними и многолетними кормовыми смесями. Значительно богаче возможности в тропиках: круглогодичный вегетационный сезон позволяет проводить разновременные сев и уборку урожая, выращивать крупные растения рядами, т. е. дифференцировать ниши не только за счет разного расположения корневых

систем в почве и разной высоты и требовательности растений к свету, но и за счет различия во времени пиков потребления ресурсов (в период цветения и плодоношения).

Эти исследования курирует Международный центр тропического земледелия (со штаб-квартирой в Колумбии) и Международный научно-исследовательский институт растениеводства для полусухих районов тропиков (Индия).

В последние годы идет поиск новых перспективных растений для смешанных посевов; одновременно в Африке, Индии и Южной Америке испытывается бобовый кустарник *Leucaena leucoserphala*, из которого создают кулисы на расстоянии в 4 м, что и позволяет обрабатывать междурядное пространство с использованием техники.

Как показали С. П. Миттал и П. Сингх (S. P. Mittal, P. Singh). Исследовательский центр по охране вод и почв в Чандигархе, Индия), за счет кулисы решается ряд экологических задач: улучшается микроклимат; растения интенсивно фиксируют азот благодаря клубеньковым бактериям, что резко снижает потребность в дорогостоящих и экологически небезопасных азотных удобрениях; сам бобовый кустарник дает ценный корм скоту (четыре раза в год его подстригают до 75 см; за 3 мес. он отрастает на 1 м, и в результате получают с 1 га до 20 ц корма и 5—6 ц древесины на топливо).

Agroforestry Systems. 1989. Vol. 8.
P. 165—172 (Нидерланды).



Экология

Лесосады в тропиках — путь к спасению!

Тропические леса Южной Америки (равно как Африки и Австралии) отступают под давлением интенсивного хозяйствования — разрастающихся плантаций монокультуры (кофе или гевеи) и пастбищ. В итоге высокопродуктивные тропические ландшафты, играющие роль «легких» планеты, деградируют. В Мексиканском универ-

ситете (Мехико) изучали опыт использования земель крестьянами в одном из районов Мексики. Здесь на площади более 1000 га создан особый вариант полукультурных лесных сообществ — лесосады. В них поддерживается высокое разнообразие видов, при этом естественные сообщества не уничтожаются, а разрежаются в формирующихся же «окнах» высаживают различные культурные растения — томаты, цитрусовые, бананы, кокосовые пальмы, кофейные деревья, цедрелу (красное дерево), а также лекарственные растения, например алоэ, недотрогу (бальзамин) и др. Если малополезные виды оказываются сильными конкурентами, их регулярно подкашивают или подрубают. В то же время дикие виды, дающие корм животным (особенно свиньям), лекарственные травы, деревья с пригодной для строительства древесиныю, напротив, высаживают с помощью семян или черенков. Все это позволяет сохранять генофонд тропических растений, обеспечивать неплохое пропитание крестьян и даже производить некоторое количество продуктов на продажу.

Кроме лесосадов имеются и собственно сады и огороды, занимающие всего 8 % общей площади. На этих небольших участках (1—3 га) выращивают кукурузу, фасоль, тыкву, арбузы, огурцы, ананасы — но лишь для пропитания хозяев лесосадов; 12 % территории занимают естественные леса, используемые для охоты, заготовки листьев и полезных плодов. Остальная площадь — это экосистемы, включающие около 340 видов растений и 7 видов домашних животных (свиньи, собаки, цыплята и т. д.).

Увеличение площади таких полустепенных, обогащенных полезными растениями сообществ представляет собой хорошую альтернативу развитию монокультуры с ее гигантскими затратами на удобрения, пестициды, разрушением и отравлением среды. Правда, довольно низкий доход лесосадов в условиях высоких цен на кофе и каучук вызывает скептическое отношение к этим проектам.

Agroforestry Systems. 1989. Vol. 8.
P. 131—156 (Нидерланды).

Антарктике грозит экологический кризис

В начале 1989 г. аргентинское транспортное судно «Баиа Паранис» село на мель вблизи о. Анверс, у северо-западной оконечности Антарктического п-ова. При аварии находившиеся на борту судна 250 тыс. галлонов (около 10^6 л) дизельного топлива хлынули в океан, образовав огромное нефтяное пятно. В обычных условиях дизельное топливо растекается и испаряется быстрее сырой нефти, однако в Антарктике его разложение будет происходить, по мнению специалистов, в 100 раз дольше, чем на такой же акватории в теплых водах.

Утечка топлива сразу же губительно сказалась на криле — важном звене пищевой цепи в антарктических водах. На участке побережья протяженностью 100 м было выброшено громадное количество этих рачков, буквально забивших берег. Уже подверглись неблагоприятному воздействию аварии два гнезда с американской научно-исследовательской станцией Пальмер, где по программе «Морские биологические ресурсы Антарктики» ведут работу сотрудники Калифорнийской орнитологической обсерватории. Нефтепродукты сильно ограничивают плавучесть птиц и делают токсичной заглатываемую ими пищу. По оценкам биологов, среди пингинов смертность от нефтепродуктов достигла 40 %. Поморники, буревестники и другие морские птицы также оказались в экологически неблагоприятной ситуации.

Национальный научный фонд США руководит операциями по очистке вод и берегов. Экспертов и необходимых технические средства в район бедствия направили военно-морской флот США, береговая служба, Национальное управление США по изучению океана и атмосферы.

Marine Pollution Bulletin. 1989. Vol. 4. P. 152 (США — Великобритания).

Полезные микроводоросли

Американские ученые под руководством Л. Брауна (L. Brown; Институт исследования солнечной энергии, г. Боулдер) показали, что крупномасштабное выращивание микроводорослей приостанавливает накопление углекислого газа в атмосфере и развитие парникового эффекта.

Микроводоросли на единицу площади поглощают в 20 раз больше CO_2 , чем сельскохозяйственные растения. Их биомасса может быть переработана в жидкое горючее, использована как корм для сельскохозяйственных животных, сырье для получения лекарств или пигментов. Улавливая CO_2 , образующийся при сжигании угля, фильтрами из микроводорослей (которые затем можно превратить в горючее), удается уменьшить выброс углекислого газа вдвое.

«Плантации» микроводорослей всего на 1 % засушливых земель в штатах Аризона и Нью-Мексико смогут дать ежегодно около 6 % общей потребности США в жидком горючем и одновременно поглощать $1,6 \cdot 10^5$ т CO_2 (3,2 % всего выброса).

Из коллекции, содержащей 1500 штаммов микроводорослей, отобраны 10, наиболее эффективно поглощающих углекислый газ. Проводятся генно-инженерные опыты для улучшения характеристик выбранных штаммов, например усиления синтеза липидов, необходимых при получении горючего из биомассы.

Research and Development. July 1989. P. 28 (США).

Организация науки

Журнал по экологической экономике

Международное общество экологической экономики основало в Нидерландах журнал «Ecological economics», в первом номере которого за 1989 г. его редактор Р. Констанца (Универ-

ситет Мэриленд, Соломоновы о-ва) в статье «Что такое экологическая экономика?» объясняет, почему выбрано именно это название, считая, что оно наиболее полно отражает взаимодействие экологических и экономических систем.

Сложность проблем экологической экономики усугубляется разнообразием точек зрения специалистов, причем крайние из них можно назвать «технологическим оптимизмом» и «осмотрительным пессимизмом». «Оптимисты» уповая на преодоление кризиса, связанного с истощением природных ресурсов и энергии за счет новых сберегающих технологий и считают прогнозы Мальтуса справедливыми только для естественных систем, поскольку уровень технических разработок постоянно повышается. «Пессимисты» подчеркивают, что и среди естественных экосистем есть такие, где удалось избежать перенаселения, хотя это скорее исключение. Надежды на «интеллектуальное погашение» дефицита ресурсов в антропогенных системах реализуются далеко не всегда, и сегодня уже очевидно, что эти системы подвергаются стрессам.

В статье приводится интересная схема «итогового платежа», где концепции «пессимистов» и «оптимистов» проверяются для ситуаций, условно названных «уже плохая» или «все еще хорошая». При ухудшающейся ситуации «технологический оптимизм» оборачивается катастрофой, и уже поэтому должен оцениваться критически. «Осмотрительный пессимизм» в любой ситуации гарантирует от катастрофы и потому более надежен как стратегия выживания человечества.

Журнал позволит вырабатывать общие подходы и конкретные решения для разных вариантов примирения интересов экологических и экономических систем, публикуя статьи по разделам: комментарии (к эколого-экономическим ситуациям), методология и идеология принятых решений, аналитические исследования, обзоры новой литературы.

© Б. М. Миркин, доктор биологических наук Уфа

Кристаллы белка, выращенные в ходе 56-дневного эксперимента на борту советского орбитального комплекса «Мир», в конце февраля 1990 г. доставлены в Брукхейвенскую национальную лабораторию (штат Нью-Йорк, США). Космический эксперимент, проводившийся на коммерческих условиях по заказу одной из фармацевтических компаний при посредничестве американской фирмы «Пейлоуд системс», должен помочь в разработке новых типов лекарств. Второй подобный эксперимент на «Мире» планируется осуществить осенью 1990 г.

TACC.

22 февраля 1990 г. в Алкантаре (штат Мараньян, Бразилия) начал действовать новый космодром; с него запущен прототип бразильской ракеты-носителя «Зонд». Вскоре этой ракетой будет выведен на околоземную орбиту бразильский спутник. Стартовая площадка в Алкантаре — крупнейшая в Латинской Америке и одна из наиболее современных в мире. Ее выгодное географическое положение вблизи экватора (2°21' ю. ш.) позволяет экономить 20—25 % топлива по сравнению с запусками с других космодромов.

TACC.

Южная Корея собирается присоединиться к «клубу» космических держав: на достижение этой цели рассчитана 10-летняя программа космических исследований. В 1993 г. на орбиту будет выведен исследовательский спутник массой 200—400 кг, созданный по собственной технологии и предназначенный для изучения атмосферы в районе Корейского п-ва, разведки природных ресурсов и сбора информации для сельского хозяйства и рыболовства.

TACC.

Американская фирма «Эплайд мэтриэлз инк» (штат Калифорния) разработала метод травления диэлектриков, позволяющий получать контакты размером менее 0,5 мкм с помощью плазмы под давлением менее 0,1 мм рт. ст. Для увеличения скорости травления использовалось вращающееся магнитное поле, усиливающее ионизацию в плазменном разряде.

Electronic Design. 1989. № 12. P. 22. (США).

По результатам компьютерного моделирования, проведенного в лаборатории геофизической гидродинамики Принстонского университета (США), потепление из-за парникового эффекта в Северном полушарии наступит скорее, чем в Южном: приповерхностная температура воздуха в Северной Америке к 2030 г. поднимется на 1,6—4 °С, когда содержание CO₂ возрастет вдвое по сравнению с уровнем 1958 г.; в Южном полушарии она будет расти медленнее, а над Антарктикой даже понизится примерно на 4 °С.

Environmental Science and Technology. 1990. Vol. 24. № 2. P. 152 (США).

Английская фирма «Микроплантс» из Лонгнора автоматизировала наиболее трудоемкие процессы в биотехнологии растений: их микроразведение, гомогенизацию и отбор элиты. Микроразведение позволяет из одного растения круглый год получать большое количество саженцев высшего качества. Фирма уже поставляет в Кению, Кот-д'Ивуар, Сенегал, Эфиопию тщательно стандартизованные саженцы культур, выращиваемых в этих странах: бананы, ананасы, киви, спаржу, сахарную свеклу, цветную капусту. Предполагается заложить плантации на Ближнем и Среднем Востоке, в Индии.

Science and Technology News. 1990. № 27108 (London Press Service).

Новая вакцина против СПИДа, созданная с использованием убитых вирусов иммунодефицита человека, оказалась безвредной для инфицированных людей и вызвала у них усиление клеточного иммунитета. А. Левин (Университет Южной Калифорнии) наблюдала 19 пациентов, у 10 отмечено значительное увеличение количества Т-лимфоцитов, которое проявлялось в течение года.

Research and Development. 1989. July. P. 5 (США).

Для прогноза качества подземных вод в зонах, подвергшихся радиоактивному загрязнению, важно знать основные закономерности геохимической миграции долгоживущих радионуклидов. С этой целью в Белорусском Полесье исследовалось поведение ¹³⁷Cs. Выяснилось, что, независимо от типа почв и ландшафтов, основная его масса остается в верхнем 5-сантиметровом слое, однако распределяется он в разных почвах по-разному: например, с увеличением пылеватой и глинистой фракций максимум концентрации смещается вверх, в заболоченных почвах миграция зависит от промывного режима — возможны как вторичное накопление ¹³⁷Cs, так и вынос его грунтовыми водами. Наиболее подвижен ¹³⁷Cs по вертикали в торфяниках: фиксируется на глубине до 25—30 см.

Тезисы докладов Всесоюзного совещания «Принципы и методы ландшафтно-геохимических исследований миграции радионуклидов». Суздаль, 13—17 ноября 1989. М., 1989. С. 81.

Р. Стайн (штат Нью-Джерси, США) наблюдал, как крупный богомол (*Mantis religiosa*) длиной около 50 мм сел на большую саламандру (*Plethodon cinereus*). Это второй описанный случай поедания богомолом позвоночного (после сообщения в 1968 г. о нападении крупного богомола на мелкую птицу, попавшую в сеть).

Bulletin of the Maryland Herpetological Society. 1989. Vol. 25. № 2. P. 60—61 (США).

Энциклопедия современной экологии

Б. М. Миркин,
доктор биологических наук
Уфа

ТЕНДЕНЦИЯ разделять науку на «социалистическую, передовую» и «буржуазную, опирающуюся на идеологию загнивающего капитализма» в свое время не миновала и экологию. «Берлинская стена» между советскими экологами и сообществом зарубежных коллег продержалась удивительно долго, и лишь недавно Совет по биогеоценологии АН СССР (а биогеоценология была неким «социалистическим» вариантом экологии) переименован в Совет по антропогенной динамике экосистем. Впрочем, нет-нет да и появляются монографии, которые «клеят» буржуазных экологов и прославляют достижения отечественной науки².

В разрушении «берлинской стены» очень большую роль играет издательство «Мир», регулярно выпускающее переводы хороших зарубежных монографий. В высшей степени полезны изданная не так давно двухтомная монография Ю. Одума «Экология» (М., 1988) и превосходная сводка по общей биологии П. Кемпа и К. Армса «Введение в биологию» (М., 1988), которые дали популярное изложение основ современной экологии.

Рецензируемая книга — пожалуй, наиболее знаменательное событие в том же ряду. Если у Одума в центре внимания — экосистема как целое, то в рецензируемой книге больше внимания уделено ее составляющим — организмам, популяциям, отношениям между



М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. ЭКОЛОГИЯ. ОСОБИ, ПОПУЛЯЦИИ И СООБЩЕСТВА. В двух томах. М.: Мир, 1989. Т. 1. Пер. с англ. В. Н. Михеева и М. А. Снеткова под ред. А. М. Гилярова. 667 с.; Т. 2. Пер. с англ. В. В. Белова и А. Г. Пельмского под ред. А. М. Гилярова. 477 с.

ними в рамках сообществ. При этом в ней достаточно равномерно представлен и ботанический и зоологический материал. Один из трех авторов (все они профессора вузов Великобритании) — ботаник (Дж. Харпер), два других — зоолог (М. Бигон и К. Таунсенд).

Когда обобщается огромная информация, необходимо помочь читателю сориентироваться. Здесь эта задача решена мастерски. Дана дробная разбивка по частям, главам, разделам (каждый предваряется аннотацией) и подразделам. Во втором томе приведены предметный указатель и указатель латинских названий. В списке литературы (свыше 900 наименований) для каждой работы указаны разделы, где есть на нее ссылки (I). Благодаря этому кни-

га превращается в прекрасное справочное пособие. Она богато иллюстрирована и содержит много таблиц.

Перевод выполнен безупречно, без единого «ляпа», которые обычно сопутствуют книгам с обширной лексикой. В предисловии редактора перевода А. М. Гилярова показана роль советских ученых в развитии экологии. Увы, их вклад в книге отражен крайне слабо. Цитируется работа Т. А. Работнова, опубликованная на русском языке, по одной англоязычной Л. Е. Родина и П. М. Рафеса и две Г. Ф. Гаузе. Думаю, что эта ситуация, близкая к игнорированию советских исследований, — пережиток все той же «берлинской стены». Как показывает опыт, когда устанавливаются интенсивные международные научные контакты, резко повышается и индекс цитируемости советских публикаций.

В первый том, кроме авторских предисловия и введения, вошли части «Организм», «Взаимодействия», во второй — «Два небольших обзора» (посвященных жизненным циклам и проблемам численности популяций) и «Сообщества».

Экологию авторы считают древнейшей наукой, уходящей корнями в историю пещерного человека, который, чтобы не умереть с голоду, должен был иметь представление о том, как в природе распределены нужные ему виды растений и животных. Современному человеку эти знания нужны и для того, чтобы представить возможные последствия использования природы. В нашем мире, когда отношения человека и природы подошли к роковой черте глобального экологического кризиса, экология становится «естественным перекрестком для натуралистов, экспериментаторов, полевых биологов и специалистов по математическому мо-

© Миркин Б. М. Энциклопедия современной экологии.

¹ Миркин Б. М. Лернейская гидра экологии // Знание — сила. 1990. № 4.

² Номоконов Л. И. Общая биогеоценология. Ростов-на-Дону, 1989.

делированию» (к этому списку нужно было бы добавить экономистов и политиков, так как без их участия спасение биосферы невозможно).

Ссылаясь на слова Ф. Г. Добржанского, что все в биологии «наполняется смыслом лишь тогда, когда истолковывается с эволюционной точки зрения», авторы пишут: «Если это верно, то верно также и то, что и в эволюции едва ли можно что-либо осмыслить, не опираясь на экологическую точку зрения, т. е. на представления о взаимодействиях между организмами и их физическим, химическим и биологическим окружением» (с. 7).

Эколога - эволюционный подход звучит лейтмотивом, причем авторы предлагают заменить привычный термин «адаптация» как приспособление организмов к условиям среды новым термином «абаптация», перенося тем самым акцент действия с организмов на среду (латинское *ab* — от, со стороны), которая путем отбора формирует новые организмы со свойствами, пригодными для выживания в определенных условиях.

Формирующая роль среды иллюстрируется параллелизмом в развитии видов растений и животных, когда систематически далекие группы оказываются очень похожими. А чем объяснить разнообразие совместно произрастающих растений и животных? Да тем, что позволяет меньше «ссориться» из-за ресурсов и повышать продуктивность и устойчивость экосистем.

Дав подробный очерк условий и ресурсов, которые используются животными и растениями, авторы описывают их влияние на организмы, рассматривая животных эндотермного (теплокровные) и экзотермного (хладнокровные) типов, различные типы фотосинтеза в зависимости от обеспечения влагой вплоть до «кислого метаболизма толстянковых» (паразитный пример приспособления к экстремальным условиям). Чтобы не засохнуть, пустынные растения разделяют во времени процесс фиксации углекислоты и фотосинтез и, создав запас углекислоты ночью, фотосинтезируют днем при закрытых устьицах.

Общность многих экологических закономерностей животного и растительного мира не снимает различий этих царств. Растения — не только единственные переработчики солнечной энергии, которая движет всеми жизненными процессами биосферы. Они отличны от большинства животных строением тела, представляя собой «модулярный» тип (у животных из однородных модулей построен, например, дождевой червь). Модули могут сосуществовать и, отсоединившись от «колонии», давать начало новым организмам. Так, именно «модулями» (кусочками тела) размножаются ряска, водный гиацинт и необычайно быстро — злодея канадская, прозванная водяной чумой.

Рассматривая «банки семян», т. е. запасы жизнеспособных семян в почвах, который формируют, как правило, однолетники (благодаря этим «банкам» так устойчиво сохраняются на полях сорняки), авторы приводят уникальные примеры сохранения всхожести погребенных семян. Так, в Дании коровяк медвежий дал всходы через 850 лет, а марь белая — через ...1700 лет!

Перед читателем проходит вся сложнейшая панорама взаимодействий между особями разных организмов, как «по горизонтали» (между особями одного вида или многих видов одного царства), так и «по вертикали» — типа хищничества, паразитизма и мутуализма (форма взаимовыгодного симбиоза).

Глава «Мутуализм» содержит описание воистину увлекательных эпизодов. Читатель узнает о птичке медоуказчике, которая наводит на пчелиные гнезда капского медоеда (из семейства кунных) и потом лакомится остатками его обильной трапезы; о муравьях, которые строят гнезда в шипах акации и охраняют ее от других врагов; о жуках и муравьях, «выращивающих» грибы; о мутуализме населения желудочно-кишечного тракта млекопитающих и т. д. Несколько необычно сведение к мутуализму отношений человека и сельскохозяйственных растений, но в конечном итоге это так: человек полезен растениям, и они полезны ему,

хотя в силу экологической неадаптивности человек оказался не лучшим партнером и лишил культурные растения многих ценных качеств, которые теперь пытаются вернуть селекцией, направленной на повышение устойчивости к засухе, болезням и т. д.

Очень важно для теории и практики экологии изучать компенсационные механизмы в отношениях насекомых и растений. Сплошь и рядом насекомые, выедавая часть зеленой массы, не снижают урожая, а, наоборот, осветляя полог, способствуют усилению фотосинтеза. Это долгие годы игнорировали наши специалисты по охране растений, стремясь уничтожить вредителей любой ценой. Замечу, что о компенсации растениями части фитомассы, уничтожаемой насекомыми, писал еще в 30-е годы А. А. Любищев (и, кстати, пострадал за это).

Необходимо для ресурсоведа, а также охотоведа и определения «максимального поддерживаемого уровня». Речь идет о той доле популяции, изъятие которой не угрожает ее существованию. Превышение этой доли привело к тому, что многие ресурсные виды лекарственных растений и промысловых животных попали на страницы Красных книг.

В монографии дана хотя и лаконичная, но очень полная панорама состояния науки о сообществах растений, животных и об экосистемах, объединяющих совокупности живых организмов и условий среды. Красной нитью проходит через эту часть размышления о видовом разнообразии. Рассматривается изменение разнообразия в связи с экологическими градиентами (широта, высота над уровнем моря и т. д.), продуктивностью, трофической структурой сообществ, в ходе сукцессий (изменений состава сообществ) при нарушениях разного рода и масштаба. Авторы не спешат уверить читателя в том, что по всем аспектам разнообразия уже имеется полная ясность и можно дать его прогноз, задав соответствующую программу компьютеру и насытив его память эмпирической информацией. Они предупреждают: «Не следует забывать, что эколо-

гия — наука молодая, и обобщение накопленных ею данных только начинается» (с. 114).

Сложность такого рода прогнозов — в том, что сообщества не являются механической суммой популяций, а обладают новыми свойствами. Конкуренция и вертикальные трофиче-

ские отношения между популяциями растений, животных и микроорганизмов сплетаются в сложнейшую систему, сочетающую равновесность и неравновесность, жесткость и пластичность при реагировании на внешние воздействия.

Прочитав эту книгу,

нельзя не преисполниться благодарностью и к ее авторам, которые выполнили гигантский труд по обобщению разнообразнейшей экологической информации, и к тем, кто готовил и донес до нас ее перевод.

НОВЫЕ КНИГИ

Экология

ФИСТАШНИКИ БАДХЫЗА. Под ред. Р. В. Камелина и Л. Е. Родина. Л.: Наука. 1989. 245 с. Ц. 3 р. 80 к.

Самый южный заповедник нашей страны — Бадхызский — расположен на стыке Ирана, Афганистана и Туркменистана. В переводе с туркменского слово «Бадхыз» означает «страна, где поднимается ветер». Эта жемчужина природы имеет уникальную растительность, разнообразие которой связано с перепадами высот от низких котловин с солеными озерами до гор с богатой цветистой растительностью. В заповеднике обитают леопарды, джейраны, архары, куланы. Был раньше в этой компании и красавец гепард. Наиболее замечательные растительные сообщества заповедника — напоминающие саванны низкие редколесья с фисташкой благородной.

Флора заповедника включает более 1000 видов цветковых растений, свыше 300 видов грибов, около 100 видов водорослей и два десятка видов лишайников. В условиях жаркого лета выживать растениям нелегко. Часть их успевает «перехитрить» климат и «проскочить» вегетацию за первую более влажную половину лета (прихватив иногда и осень), часть — смиренно вегетирует и в сухое время года за счет экономного потребления и расходования влаги. Среди растений фисташников есть виды, которые «работают» практически весь год,

лишь приостанавливая вегетацию в период холодной (до -30°C) зимы (но не вымерзая!).

Как попали в пустыню вечнозеленые растения? Авторы книги считают, что в прошлом Бадхыз входил в обширный регион с более мягким средиземноморским климатом, где круглогодичная вегетация обычна. Об этом периоде истории района «помнят» и такие растения, как кустарнички из рода эфедра.

Облик фисташников, напоминающий саванны, — следствие нарушений человеком некогда сомкнутых низкорослых лесов. И сегодня в садах фисташка охотно растет тесными посадками, а в заповеднике в прогалах между взрослыми деревьями стали появляться новые. Однако авторы считают, что если этот процесс усилится и сформируются сомкнутые лесные фисташники, то обеднится флора и фауна. На части заповедника потребуются ввести режим использования, который поможет сохранить и сформировавшийся на территории Бадхыза тип этих уникальных сообществ.

Экология

Г. Б. Пулюквичюс. РОЛЬ ЛЕСА В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ЛАНДШАФТОВ. М.: Наука, 1989. 214 с. Ц. 3 р. 20 к.

Несмотря на то что основная часть этой книги, посвященной комплексной (по 40 па-

раметрам!) оценке влияния леса на ландшафт, носит специальный характер, в ней есть разделы и главы, доступные достаточно широкому контингенту читателей, озабоченных восстановлением и поддержанием плодородия пахотных почв. Например, большой интерес представляет оценка в баллах целесообразности сохранения конкретных участков леса в зависимости от их расположения, характера почв, возраста древостоев. При общем числе баллов свыше 60 участки подлежат строгой охране, при числе баллов менее 40 — их можно трансформировать в пашню. По другим таблицам нетрудно определить необходимую ширину водоохранных полос вдоль озер и общую лесистость территории, которая на равнинах может опускаться до 10%, но при холмистом рельефе должна составлять 30—40%.

Гектар леса производит в среднем за год 10 т кислорода. В лесистых местах нет перепадов в уровнях рек и всегда многоводны чистые ручьи: лес прекрасно очищает смываемые с полей воды, поглощая удобрения и пестициды и сохраняя в почве наиболее питательные илестые и глинистые частицы, которые вымываются с полей в первую очередь.

Важная роль и у опушек, удерживающих снег на полях: километр опушек добавляет в обеспечение полей влагой 1,5 тыс. т снеговых вод. По данным автора, размер безлесных площадей в разных случаях не должен превышать 15—80 га,

а на каждый гектар пашни «положено» иметь от 30 до 70 м опушек..

Достоинство книги — довольно редкая для природоохранной литературы оценка эффективности предлагаемых лесомелиоративных мероприятий в рублях. Так, один километр опушек за счет повышения урожая дает 60—80 р. дохода, и т. д. Разумеется, такого рода экономические оценки приблизительны, но очень наглядны. Гектар леса среди пашни может давать больший доход, чем тот же гектар, засеянный рожью или засеженный картофелем.

Исследование выполнено в Литве, и результаты его применимы для сходных условий лесной зоны и моренного ландшафта. Однако лес способен помогать полю в любом районе, и книгу можно рекомендовать всем, кому небезразлично состояние родной природы.

История науки

В. Н. Балязин. ПРОФЕССОР АЛЕКСАНДР ЧАЙНОВ. М.: Агропромиздат, 1990. 304 с. Ц. 1 р. 20 к.

Книга о А. В. Чайнове, который пал жертвой аграрного волюнтаризма в период насильственной коллективизации, как говорится, «обречена на успех». Основные труды Чайнова переведены на многие языки (включая японский), во Франции вышел восьмитомник его сочинений. На родине, тем не менее, о нем известно до обидного мало. В книге В. Н. Балязина рассказано о жизни ученого, его взглядах на кооперацию, о Чайнове — авторе романтических повестей, пьес, стихов, сценария кинофильма, исследователе гравюры, коллекционере антиквариата и т. д. Представления Чайнова о кооперации оказали влияние на В. И. Ленина и в особенности на Н. И. Бухарина. Чайнов понимал кооперацию как объединение крепких крестьянских семей, каждая из которых представляет собой первичную социально-экономическую ячейку обобщенного хозяйства. По мере постепенного (но не насильственного!) развития в кооперации

должна повышаться роль структур, объединяющих ячейки, и на этой основе — производительность труда. В структуре кооператива он различал горизонтальные (между семьями с одним типом деятельности) и вертикальные (разные функции) связи, причем считал нецелесообразным чрезмерное увеличение размеров кооператива, которые должны зависеть от климата, почв и рельефа. Исходя из того, что крестьяне возделывают культуры (или выращивают животных), которые наиболее рентабельны в конкретных условиях, Чайнов практически первым разработал схему агроэкологического районирования СССР.

В то же время он не избежал «преобразовательских» утопий, которые вообще были сильны в начале столетия. Считал возможным удесятить население планеты, а чтобы прокормить его, предлагал создать мощнейшие ирригационные системы в Средней Азии, «пожертвовав» Аральским морем. Ошибочны его идеи «удобрения воздуха» углекислым газом (о парниковом эффекте тогда никто не подозревал), предположения о возможности резко повысить эффективность усвоения солнечного света растениями, полностью перевести пашню на самообеспечение азотом за счет биологической азотфиксации и т. п.

Перед читателем проходит трагическая судьба выдающегося экономиста, травля сталинистами, первая ссылка и события, приведшие к повторному аресту и смерти.

В книгу включена работа Чайнова «Возможное будущее сельского хозяйства».

Философия естествознания

В. П. Филатов. НАУЧНОЕ ПОЗНАНИЕ И МИР ЧЕЛОВЕКА. М.: Политиздат. Сер. «Над чем работают, о чем спорят философы». 1989. 270 с. Ц. 50 к.

Книга ответит на вопросы по теории познания, которые постоянно возникают у многочисленной армии исследователей природы — биологов, экологов,

химиков, физиков, математиков, причем ответит языком современной философии, реалистически оценивающей сложность мира и возможности его познания. Не случайно одним из наиболее часто цитируемых авторов у В. П. Филатова стал создатель учения о биосфере В. И. Вернадский, рассматривавший мысль как планетарное явление, но никогда не обезличивавший процесс познания: «В научно выраженной истине всегда есть отражение — может быть, чрезвычайно большее — духовной личности человека, его разума».

Три главы книги посвящены истории познания мира, структуре научного знания и «человеческим параметрам» процесса познания. Они насыщены ссылками на новейшую литературу, интересными примерами и емкими аналогиями. Автор пишет о несводимости системы знания к науке и выстраивает историю философии как последовательность смены представлений о единстве мира и человека. На смену созерцательным концепциям античных философов о единой системе Космоса как форме организации Вселенной, частью которой является человек, пришло «экспериментальное» механистическое понимание мира Кеплера, Галилея, Декарта, Ньютона. В это время философам казалось, что механическим движением и геометрией можно объяснить все, включая и человека, мир представлялся им «безмолвной сферой механических движений». Через сомнения в познаваемости мира Канта и работы Гуссерля и Гегеля автор приводит читателя к современному диалектическому пониманию отношений сознания человека и окружающего его мира с многообразием форм знания и плюрализмом как естественным следствием этого. Он пишет о необходимости «кредита доверия» новому и необычному.

Поскольку познание осуществляется живыми людьми, не могут игнорироваться психологические и социальные аспекты исследований. Останавливается автор и на этике науки, отмечая факты «приручения» ученых, которые были широко распространенным явлением нашей истории.

Утраченные коллекции

Л. П. Брюшкова

Государственный геологический музей им. В. И. Вернадского АН СССР
Москва

В 1987 г. на базе минералогических и палеонтологических коллекций, хранившихся в старом здании Московского университета на Моховой, организован Государственный геологический музей им. В. И. Вернадского. Сейчас он переживает стадию становления, и окончательный его облик еще не ясен. Но какой бы ни была концепция музея, она обязательно будет включать учение о земных сферах — один из самых интересных и значительных разделов наследия Вернадского. Для описания земных сфер, показа геологических процессов понадобятся минералы и руды, магматические, осадочные и метаморфические породы, осадки различного происхождения, остатки флоры и фауны, объекты динамической геологии и т. п.

Однако если палеонтологический и минералогический материал, а также магматические породы представлены сравнительно полно, то осадочных и метаморфических пород, осадков, объектов динамической геологии в новом музее явно недостаточно. Мало того, ни один музей страны не может похвастаться полным собранием подобных образцов. А ведь совсем недавно такие коллекции были — они входили в фонды Геологического музея им. А. П. Карпинского АН СССР.

В сложной истории академических музеев естественнонаучного профиля этот музей занимает особое место². Попробуем, пользуясь документами Архива Академии наук и воспоминаниями немногих оставшихся в живых очевидцев, восста-

новить его запутанную и трагичную судьбу.

В начале XX в. в Петербурге, на Васильевском острове, наряду с другими музеями Императорской Академии наук существовал Геологический и минералогический музей, основой фондов которого были коллекции Минерального кабинета знаменитой Кунсткамеры. Этот музей являлся крупнейшим российским собранием геологических экспонатов, доставленных из всех уголков России, из многих стран мира.

В 1900 г. директором был назначен академик Ф. Н. Чернышев. При нем музей достиг наибольшего расцвета, все его коллекции интенсивно пополнялись усилиями крупных ученых, работавших в его стенах. Главной целью с самого начала своей деятельности Чернышев полагал создание Национального геологического музея. Вместе с тем сотрудники музея не только собирали палеонтологические, геологические, петрографические и минералогические материалы, но и занимались «большой наукой». Каждое из этих направлений успешно развивалось под руководством таких лидеров отечественной науки, как академики А. А. Борисяк (палеонтология), В. А. Обручев (геология), Ф. Ю. Левинсон-Лессинг (петрография), В. И. Вернадский и А. Е. Ферсман (минералогия).

После смерти Чернышева до 1925 г. музеем управляли два директора, а в 1925 г. распоряжением Президиума АН СССР музей разделили на Геологический (директор Борисяк) и Минералогический (Ферсман). Геологический музей состоял из палеонтологического, петрографического и геологического отделов.

В 1930 г. по многим геологическим учреждениям прошла волна крупных реорганизаций. Все отделы Геологического музея были преобразо-

ваны в институты. Возник Палеозоологический (ныне Палеонтологический) институт, который возглавил Борисяк, и к нему отошли коллекции палеонтологического отдела музея. Петрографический отдел трансформировался в Петрографический институт (директор Левинсон-Лессинг), куда отошли петрографические коллекции. Из геологического отдела музея вырос Геологический институт (во главе с Обручевым). О геологических коллекциях нет точных данных, но скорее всего они стали собственностью этого института.

В 1934 г., когда Академию наук перевели в Москву, перемещение музейных коллекций потребовало немало сил и времени. Только для перевозки витрин и коллекций понадобилось 47 железнодорожных вагонов. Коллекции Минералогического музея Академии наук — с 1932 г. он входил в состав Института геохимии, минералогии и кристаллографии им. М. В. Ломоносова — разместились в помещении бывшего манежа (Б. Калужская, 16), петрографические коллекции — в здании Петрографического института (Старомонетный пер., 35), а палеонтологические — в основном в Палеонтологическом институте (Б. Калужская, 26).

Дальнейшая судьба этих коллекций хорошо известна. С геологическими же коллекциями люди и история обошлись куда суровее. Вот что пишет об этом профессор С. С. Кузнецов: «... в 1934 г. при переезде АН СССР в Москву неосмотрительные и чрезмерно угрожающие люди, не подготовив в Москве надлежащего помещения, в каком-то поистине пожарном порядке распорядились перевезти Геологический музей в Москву. За отсутствием помещения большое количество его превосходных витрин было свалено в Узком, где они и погибли. Драгоценные же стратиграфические коллекции, среди которых были уникальные монографии

© Брюшкова Л. П. Утраченные коллекции.

¹ Объекты динамической геологии иллюстрируют изменения внешней формы различных геологических образований под действием эндогенных и экзогенных факторов.

² Брюшкова Л. П. // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1988. № 7. С. 102—113.

основоположников отечественной геологии, были забыты в ящики и в конце концов пролежали под открытым небом больше 10 лет на одном из пустырей по Чкаловской улице (вероятно, ул. Чкалова.—Л. Б.)»³.

В своих более поздних записях Кузнецов уточняет, что после переезда в Москву нераспакованные ящики с коллекциями сначала хранились в подвалах дома № 7 по Пыжевскому переулку, а в 1941 г. оказались под открытым небом на Чкаловской улице⁴. Возможно, в подвалах оборудовали бомбоубежища, и для коллекций не нашлось места.

О дальнейшей судьбе Геологического музея тот же Кузнецов пишет в 1962 г. президенту АН СССР М. В. Келдышу: «Пролежав так в ящиках свыше 10 лет, много драгоценных материалов погибло. Когда это выяснилось, то в 1948 г. по постановлению правительства Президиум АН СССР издал распоряжение восстановить Геологический музей в Ленинграде на оставшейся свободной занимавшейся им когда-то площади...»⁵

Причиной этого запоздалого перевода геологических коллекций послужил очередной юбилей Академии наук, в связи с которым было решено собрать воедино Минералогический и Палеонтологический музеи, существовавшие в то время в Москве, и Геологический музей, который собирались воссоздать в Ленинграде. Все это грандиозное целое должно было называться Геологическим музеем им. А. П. Карпинского⁶.

В 1948 г. геологические коллекции, вернее то, что уцелело, перевезли в Ленинград, и в 1950 г. на набережной Адмирала Макарова в доме № 2 открылся музей. Его научные сотрудники начали геологические исследования на Алдане, в Крыму, Кузбассе, Средней Азии и других районах. Музей обзавелся своим печатным органом, стал готовить аспирантов⁷. Но работать ему не дали.

Уже в 1954 г. у музея изъяли 166 м², а в 1956 г. попытались вообще ликвидировать музей, передав его коллекции другим ведомствам⁸. Однако Горный музей и музей Всесоюзного геологического научно-исследовательского института отказались принять коллекции. К тому же на защиту музея встала геологическая общественность, и решение Президиума было отменено.

В конце 1956 г. готовилась еще одна реорганизация: Президиум рассмотрел проект объединения Лаборатории докембрия и Лаборатории геологии угля АН СССР в Ленинградский институт геологических наук, в котором Геологический музей должен был стать отделом стратиграфии и хранения монографических коллекций. Но проект, видимо, не был утвержден.

Прошло совсем немного времени, и распоряжение Президиума АН СССР за подписями А. Н. Несмеянова и Н. М. Сисакяна от 21 марта 1957 г. обязало директора музея Кузнецова в двухнедельный срок передать Институту химии силикатов еще 350 м², т. е. почти половину имеющейся площади. Исполнение этого распоряжения означало бы фактическую ликвидацию музея, и только благодаря отчаянным усилиям сотрудников музея и сочувствующих им известных ученых распоряжение удалось отменить.

Но затишье было недолгим. В архивах Академии наук мы находим проект резолюции, составленной на совещании комиссии представителей музеев Ленинграда 13 августа 1958 г., в которой выражается протест против расширения лабораторных помещений института высокомолекулярных соединений за счет Почвенного и Геологического музеев Академии наук⁹. Как видно, попытки уничтожить музей не прекращались.

На рубеже 50-х и 60-х годов в геологических кругах вновь заговорили о необходи-

мости создания Национального геологического музея. В постановлении бюро Отделения геолого-географических наук 14 января 1958 г. отмечалось, что «(...) одним из крупных недостатков развития геологической науки в СССР является недостаточное внимание к музеям, в которых хранились бы и изучались вещественные доказательства проведенных исследований. (...) Отсутствие музеев и частая их реорганизация уже привели к гибели многих невосстановимых коллекций (...). ОГН обращает внимание Президиума АН СССР на срочную необходимость создания Национального геологического музея (...). Мы располагаем рядом уникальных геологических коллекций, остающихся теперь недоступными, постоянно теряющимися, что нередко приводит к постановке новых сборов и повторного изучения»¹⁰. Документ подписали академик Е. В. Меннер, член-корреспондент Г. Д. Афанасьев и профессор С. С. Кузнецов.

На сей раз создать музей предполагалось на основе Геологического музея им. А. П. Карпинского. Но сама идея Национального геологического музея далеко не нова: начиная с 1832 г. проекты подобных учреждений рассматривались неоднократно, и ни разу, увы, им не суждено было осуществиться.

Прошло еще два года, и на Геологический музей обрушилась новая беда: 3 декабря 1962 г. Президиум АН СССР вынес распоряжение включить его в состав Лаборатории геологии докембрия АН СССР. Такое соединение разноплановых учреждений было заведомо искусственным. Работники музея стали сотрудниками Института геологии и геохронологии докембрия (в который трансформировалась упомянутая лаборатория), а коллекции раздали по частям в разные места. По существу, только палеонтологические коллекции сдавались по описям и передаточным актам (был даже издан их каталог). Петрографические коллекции были обнаружены мною в Государственном педагогическом институте им. А. И. Герце-

³ Архив АН СССР. Ф. 128. Оп. 2. № 234. Л. 5—8.

⁴ Там же. № 139. Л. 15—17.

⁵ Там же. № 234. Л. 2—3.

⁶ Там же. Оп. 1а. № 24. Л. 2.

⁷ Подробнее см.: Кузнецов С. С. Хранилище геологических коллек-

ций (Музей им. А. П. Карпинского в Ленинграде) // Природа. 1957. № 9. С. 74—78.

⁸ Постановление Президиума АН СССР № 173 от 27.IV.56.

⁹ Архив АН СССР. Ф. 128. Оп. 1. № 154. Л. 1—2.

¹⁰ Там же. Оп. 2. № 157. Л. 12—16.

на, но ни описей, ни этикеток при них не оказалось, что полностью «обезличило» эти образцы. Минералогическая же и геологическая часть коллекций исчезли бесследно.

Но и это еще не все. Наряду с пунктом о включении Геологического музея в состав Лаборатории геологии докембрия Президиум АН СССР предписывал: «Поручить бюро отделений Геолого-географических, Биологических, Исторических наук, Литературы и языка рассмотреть состояние работы музеев при научных учреждениях АН СССР и к 15 декабря 1962 г. (т. е. через 12 дней) — Л. Б.) внести в Президиум АН СССР предложения:

- а) о целесообразности сохранения в АН СССР существующих музеев и о возможности сокращения их штатов;
- б) о целесообразности использования экспозиционных фондов, в том числе о возможности передачи части запасных фондов местным музеям;
- в) о входной плате в музеи»¹¹.

Что ж, это решение останется на совести администраторов от науки, усомнившихся в ценности самых крупных естественнонаучных музеев страны, в необходимости продолжать в них научную и музейную работу.

¹¹ Там же. № 233. Л. 35—36.

Почему же в начале 70-х годов, когда наше государство не переживало никаких видимых потрясений и академическая жизнь шла своим чередом, оказались возможны эти драконовские санкции в отношении академических музеев, а один из них был полностью утрачен?

Думается, основных причин две. Первая — руководство Академии рассматривало и рассматривает самые богатые естественнонаучные собрания страны не как уникальную, неповторимую при утрате часть общенационального достояния, а как собственность того или иного академического учреждения. Это позволяет некомпетентным руководителям решать судьбы музеев по своему усмотрению, благо нет законов, определяющих ответственность Академии за музейные фонды. Все же распоряжения Президиума Академии наук об улучшении музейной работы остаются на бумаге, так как не подкреплены материально, не обеспечены ни техническими, ни людскими ресурсами.

Вторая причина в том, что академические естественнонаучные музеи не способны отстаивать свою самостоятельность, а в ряде случаев и не осознают своеобразие стоящих перед ними задач. Исторически сложилось так, что эти музеи — всего лишь хранилища научных мате-

риалов при научно-исследовательских учреждениях, выполняющие, да и то не всегда, культурно-просветительские функции и не имеющие статуса самостоятельного учреждения. Но даже имея такой статус (как, например, Геологический музей им. А. П. Карпинского), музеи зачастую дублируют научную тематику институтов. Между тем музейные учреждения Академии могут и должны развивать собственную научную тематику, связанную со сбором, хранением и использованием музейных материалов.

Развитие музееведческих работ невысказимо без квалифицированных научных кадров. Их подготовка — первоочередная задача. Необходимо также тесное сотрудничество музейных учреждений Академии с родственными отечественными и зарубежными, а также международными организациями, например Международным советом музеев и Международным союзом охраны природы и естественных богатств. Может быть, зарубежный опыт заставит по-новому взглянуть на громадные богатства академических музейных коллекций.

В целом же только новая музейная политика позволит избежать таких невосполнимых потерь, как утрата коллекций Геологического музея им. А. П. Карпинского.

Научные редакторы:
И. Н. АРУТЮНЯН
О. О. АСТАХОВА
Л. П. БЕЛЯНОВА
М. Ю. ЗУБРЕВА
Г. В. КОРОТКЕВИЧ
Г. М. ЛЬВОВСКИЙ
Л. Д. МАЙОРОВА
Н. Д. МОРОЗОВА
Е. М. ПУШКИНА
Н. В. УСПЕНСКАЯ

Литературный редактор Г. В. ЧУБА

Художник П. П. ЕФРЕМОВ

Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией
О. В. ВОЛОШИНА

Корректоры
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА,
Т. Е. ДЖАЛАЛЯНЦ

В художественном оформлении номера принимали участие:

О. Н. ЗОТОВА
Н. Х. БУТЫРИНА
Б. А. КУВШИНОВ
Р. Э. МАТКАЗИН
Ю. В. ТИМОФЕЕВ

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука»

Адрес редакции:
117049, Москва, ГСП-1,
Мароновский пер., 26
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 28.06.90.
Подписано в печать 16.08.90
Формат 70×100^{1/16}
Бумага офсетная, № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 1569,0 тыс.
Уч.-изд. л. 15,1
Тираж 58 611 экз.
Зак. 1355.
Цена 80 к.

Ордена Трудового
Красного Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
Государственного комитета СССР
по печати
142300, г. Чехов
Московской области

ПРИРОДА

70⁹⁰



Воспоминания крупного ученого, потомственного петербургского интеллигента позволяют по-новому увидеть, как жили и действовали на крутых поворотах истории, в трагических и будничных ситуациях многие известные советские физики.

Фриш С. Э. ЛЮДИ МОЕГО ПОКОЛЕНИЯ. ОТРЫВКИ ИЗ «ВОСПОМИНАНИЙ».



Из огня рождается, им питается, из него состоит — такова первая письменная легенда о саламандре. Сейчас она достаточно подробно изучена и не представляется столь загадочной.

Кузьмин С. Л. ОГНЕННАЯ САЛАМАНДРА В МИФАХ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТИ.



Предпринята попытка обобщить многочисленные научные и публицистические выступления по различным аспектам Аральской проблемы и наметить пути выхода из кризисной экологической ситуации в регионе.

Глазовский Н. Ф. АРАЛЬСКИЙ КРИЗИС

Сегодня необходимы принципиально новые подходы к охране здоровья и увеличению продолжительности жизни, чтобы не просто продлить жизнь, а добавить жизнь к годам.

Анисимов В. Н. ЦЕНА ПРОДЛЕННОЙ ЖИЗНИ: ВЗГЛЯД ОНКОЛОГА

Центральное положение в АН СССР должны занять исследовательские коллективы и сами исследователи. Любая надстройка над ними имеет право на существование только в силу необходимости эффективно их обслуживать и должна быть им адекватной.

КАКАЯ АКАДЕМИЯ НАМ НУЖНА? (Интервью с Б. С. Соколовым)

Существуют разные взгляды на то, как оценивать в рублях удар по экономике страны от аварии на Чернобыльской АЭС. Об одной из методик такого расчета, результаты которой уже достаточно широко обсуждались, рассказывается более подробно.

СКОЛЬКО СТОИТ ЧЕРНОБЫЛЬ?

