



750
НОМЕР

Февраль.

ПРИРОДА

Ежемесячный популярный естественно-исторический
журнал для самообразования

2 1978 ПРИРОДА

Проф. А. В. Печуров. Земля и жизнь.

Проф. В. А. Вагнеръ. Общественность у животных и человека, II (био-социологический очерк).

Проф. Е. А. Шульцъ. Регенерация как одна из существенных особенностей жизни.

Проф. С. В. Аверинцевъ. По побережью Черного континента (изъ записной книжки натуралиста).

Научныя новости и хроника.

Астрономическія извѣстія.

Метеорологическія извѣстія.

Библиографія.

Книги, присланныя въ редакцію.

Цѣна отдѣльной книжки 50 коп.



1912

И. С. Соловьевъ

Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик

Н. Г. БАСОВ

Доктор физико-математических наук

Е. В. АРТЮШКОВ

Доктор биологических наук

А. Г. БАННИКОВ

Академик

Д. К. БЕЛЯЕВ

Академик

А. И. БЕРГ

Академик

Ю. В. БРОМЛЕЙ

Доктор биологических наук

А. Л. БЫЗОВ

Заместитель главного редактора

член-корреспондент АН СССР

В. М. ГАЛИЦКИЙ

Заместитель главного редактора

В. А. ГОНЧАРОВ

Член-корреспондент АН СССР

Б. Н. ДЕЛОНЕ

Доктор физико-математических наук

С. П. КАПИЦА

Академик

Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук

И. Ю. КОБЗАРЕВ

Член-корреспондент АН СССР

Н. К. КОЧЕТКОВ

Член-корреспондент АН СССР

В. Л. КРЕТОВИЧ

Академик

К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук

Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

Заместитель главного редактора

В. М. ПОЛЫНИН

Заместитель главного редактора

член-корреспондент АН СССР

Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Заместитель главного редактора

доктор биологических наук

А. К. СКВОРЦОВ

Доктор геолого-минералогических наук

М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук

А. С. ФЕДОРОВ

Член-корреспондент АН СССР

В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР

Р. Б. ХЕСИН

Академик

Н. В. ЦИЦИН

Доктор географических наук

Л. А. ЧУБУКОВ

Академик

В. А. ЭНГЕЛЬГАРДТ

Доктор биологических наук

А. В. ЯБЛОКОВ

На первой странице обложки. Обложка
журнала «Природа» в первый год изда-
ния. Художник М. Соломонов.

На четвертой странице обложки. Облож-
ки журнала «Природа» в разные годы.

Редакция рукописей не возвращает.

© Издательство «Наука»,
«Природа», 1978 г.

В НОМЕРЕ

750-й номер «Природы»	3
В редакцию «Природы»	10
Г. М. Кржижановский Ленин и наука	16
С. И. Вавилов Советская наука (К 30-летию Великого Октября)	23
И. П. Павлов Физиология высшей нервной деятельности	28
В. И. Вернадский Эволюция видов и живое вещество	36
И. И. Мечников Речь в институте Пастера в мае 1915 г.	47
Максим Горький Наука и демократия	50
Н. И. Вавилов Проблема происхождения культурных растений в современном понимании	54
Н. Н. Семенов К вопросу о соотношении между физическими и химическими процессами	64
Н. К. Кольцов О наследственных химических свойствах крови	76
А. А. Борисяк Происхождение континентов и океанов	80
Л. А. Арцимович, А. И. Алиханьян Проблемы физики атомного ядра	92
А. Е. Ферсман Как давались названия химическим элементам и минералам	106
Е. К. Завойский Электронный парамагнитный резонанс	110

Я. Б. Зельдович Энциклопедия теоретической физики	124
Н. В. Успенская Приложения к «Природе»	128
Д. В. Лебедев Невышедший номер «Природы»	134
Анатолий Петрович Александров К 75-летию со дня рождения	135

НОВОСТИ НАУКИ

Запуски космических аппаратов в СССР (сентябрь—октябрь 1977 г.) (136) — «Интеркосмос-17» (137) — Еще один молодой остаток сверхновой в нашей Галактике (138) — Новый взгляд на природу земного магнетизма (140) — Исследования по электронному термояду в ИАЭ (141) — Солнечные вспышки в лаборатории (143) — Запущен импульсный реактор на быстрых нейтронах ИБР-2 (144) — Открытие тяжелого лептона (145) — Новый тип локализации генов (147) — Расщепление аномальных белков в клетке (148) — Транспорт белков через биологическую мембрану (148) — Обружен предшественник эндорфинов (149) — Креатин регулирует силу сокращения миокарда (150) — Первая карта сейсмичности Тихого океана (151) — Исследование глубинных разломов океанского дна (151) — О возрасте петроглифов Бокиндукского камня (154) — Петроглифы Чечено-Ингушетии (154) — Диплом почетного доктора МГУ — С. Калискому (156) — Книги М. В. Ломоносова — в Ленинграде (156).	136
---	------------

В КОНЦЕ НОМЕРА

Из «Природы» № 1000 В Отделении психологии (157) — Излучение синих дыр и розовой части спектра (157) — На стыке науки и искусства (157) — Хозяйке на заметку (158) — Жаропрочный сверхпроводник (158) — Лженауке — нет! (159) — Еще один класс ψ-химических веществ (159) — Новый антисептик (159) — Проект международного алфизического словаря (159) — Независимость принципа перенормировок от системы аксиом ZF (159) — Жизнь на Луне (160).	157
---	------------

750-й номер «ПРИРОДЫ»

Сегодня читатель открывает 750-й выпуск «Природы». Отметим этот факт как своеобразную веху в истории журнала побуждает прежде всего глубокое уважение к нашим предшественникам — редакторам и авторам «Природы», которые на протяжении истекших лет вкладывали в нее свой труд, знания и энергию.

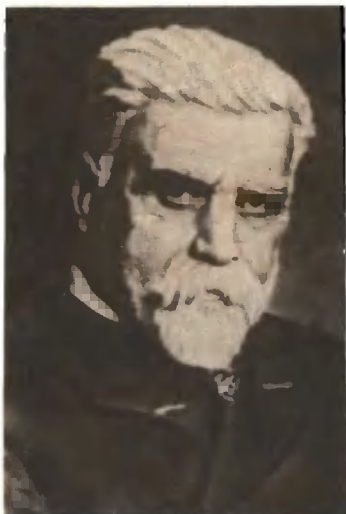
Вместе со своей страной, с отечественной наукой журнал прошел довольно долгий и нелегкий путь: две мировые войны, две революции, гражданскую войну, период восстановления народного хозяйства, девять славных пятилеток. Редакция решила напомнить читателю некоторые страницы этой истории, посвятив ей настоящий, 750-й выпуск журнала.

В связи с этим большая часть номера состоит из статей, ранее опубликованных в «Природе». При их подборе мы хотели предоставить слово тем, кто принимал наиболее активное участие в журнале, а также тем, кто составил славу отечественной науки. И хотя это, по счастью, оказались одни и те же люди, из-за недостатка места не удалось опубликовать и сотой доли статей, отвечающих этим условиям. Мы постарались лишь по возможности отразить все тематические разделы и жанровые рубрики журнала. По той же причине экономии места пришлось пойти на сокращение некоторых статей и отказаться от подробных комментариев. Их отчасти восполняют краткие вступления к старым публикациям, настоящая статья, а также помещенные в этом номере сообщения о некоторых эпизодах из истории журнала.

В своем современном традиционном виде представлены в этом выпуске лишь «Новости науки».

Первый номер «Природы» вышел в январе 1912 г. Однако идея создания подобного журнала возникла гораздо раньше. Еще в 1893 г. один из основателей «Природы» зоопсихолог В. А. Вагнер начал переговоры с издателем А. С. Сувориным о новом научно-популярном журнале, который должен был называться «Натуралист». В. А. Вагнер был близко знаком с А. П. Чеховым и даже послужил прототипом фон Корена в знаменитой чеховской «Дузли». Предполагалось, что Чехов будет его «соредактором». Судя по их письмам, были заказаны и уже написаны некоторые статьи. Однако журнал не состоялся: А. С. Суворина испугали материалистические взгляды Вагнера. Планам Вагнера суждено было осуществиться почти через 20 лет.

Создание «Природы» входит в длинный ряд фактов и событий, в которых проявлялось бурное движение русского общества в конце прошлого и начале наше-



Профессор
Владимир Александрович
ВАГНЕР
[1849—1934]
основатель и редактор
«Природы» в 1912 г.



Академик
Лев Владимирович
ПИСАРЖЕВСКИЙ
[1874—1938]
основатель и редактор
«Природы» в 1912—1913 гг.

го века. Крупнейшие русские ученые остро реагировали на развивающуюся в стране революционную ситуацию, чувствовали необходимость своего участия в социальном прогрессе, стремились к противодействию реакционной политике правительства. Об этом свидетельствует массовое возникновение различных научных объединений со своими печатными изданиями, рождение общественных университетов, курсов, протесты против антидемократических акций царизма. Не случайно «Природа» возникла именно в Москве, научная общественность которой была особенно активно и демократически настроена. В качестве одного из примеров можно привести знаменитый «конфликт с Кассо», когда из Московского университета в знак протеста против нарушения его автономии ушли многие преподаватели. Это произошло за год до возникновения «Природы», и большинство из этих ученых стали активными ее сотрудниками.

В обращении к читателям первого номера «Природы» ее создатели пишут: «Слишком полвека тому назад важность и необходимость популяризации естествознания уже ясно сознавалась у нас в России передовыми людьми эпохи [...].

Общие законы естествознания составляют уже неперемennое условие всякого научно-философского мировоззрения [...].

Великие идеи великих людей, руководя исследованиями целых поколений, открывали все более и более широкое приложение философской мысли и проливали яркий свет в область неведомого.

Тем немногим, которым удалось приобщиться к этому знанию, жить становилось виднее, а стало быть, и лучше. Но для жизни страны, для жизни народных масс от этого становилось не лучше. Подъем общего блага возможен лишь при условии, когда светом знания будут пользоваться не избранные, а все и притом из первоисточников или при посредстве хорошо осведомленных лиц [...].

Дело популяризации естествознания приобретает значение общественного служения в самом прямом и точном смысле этого слова.

Систематически возрастающая в обществе потребность в знакомстве с природой и огромность того, что было бы необходимо ввести в обиход общественной мысли, открывают широкое поле для всякого нового добросовестного начинания.

Поэтому мы, глубоко убежденные в великом общественном значении распространения научных истин, и решаемся вступить в число работников популяризации естествознания со своим журналом «Природа».

Первыми редакторами «Природы» были уже упомянутый В. А. Вагнер и известный русский химик, блестящий популяризатор Л. В. Писаржевский. Эти два ученых возглавили большой коллектив единомышленников. Сейчас трудно установить точную роль каждого из сотрудников журнала, которые перечислены на его обложках, однако очевидно, что это не просто авторы статей, но и активные организаторы работы журнала. Практически нет сколько-нибудь известных нам в русской науке того времени имен, которые не встречаются в этом перечне.

В первых номерах «Природы» сообщается о смерти двух крупнейших русских ученых — П. Н. Лебедева и Н. Н. Бекетова, однако, судя по многим косвенным данным, и они успели принять участие в первых шагах журнала. Ученики и соратники П. Н. Лебедева — Г. В. Вульф, Т. П. Кравец, П. П. Лазарев, Л. И. Мандельштам, В. А. Михельсон, Н. А. Умов, О. Д. Хвольсон — активные сотрудники «Природы» в первый период ее жизни. Астрономический отдел представляли такие известные ученые, как Г. А. Тихов, С. Н. Блажко, знаменитый шлиссельбуржец Н. А. Морозов. Нам особенно приятно поздравить сегодня активного автора нашего журнала на протяжении практически всего времени его существования, известного советского астронома А. А. Михайлова: его первая статья в «Природе» появилась в 1913 г.

Сотрудниками «Природы» по разделу биологии стали В. М. Бехтерев, И. И. Мечников, И. П. Павлов, А. С. Серебровский, К. И. Скрябин, Ю. А. Филипченко; по разделу химии — А. Н. Бах, П. И. Вальден, В. Г. Хлопин; науки о Земле представляли Л. С. Берг, А. А. Борисяк, В. И. Вернадский, В. А. Обручев, выступавший в «Природе» около сорока лет, В. П. Семенов-Тянь-Шанский, Ю. М. Шокальский; в «Природе» печатался библиограф Н. А. Рубакин. С наибольшим энтузиазмом включились в дела журнала выдающиеся ученые, организаторы и популяризаторы науки — Н. К. Кольцов, Л. А. Тарасевич и А. Е. Ферсман. Вскоре они сместили на посту редакторов В. А. Вагнера и Л. В. Писаржевского и возглавляли журнал до конца 20-х годов.

Впоследствии А. Е. Ферсман писал: «В скромных, трудных условиях [...] начиналось дело «Природы». На задворках старенького дома на Малой Лубянке, среди угроз описи личного имущества, среди совершенно исключительных условий рождалась «Природа».

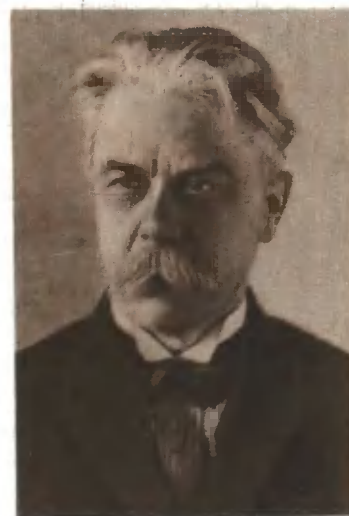
Журнал спланировал вокруг себя все наиболее деятельное в науке, выступал инициатором многих научно-организационных начинаний. Легко проследить генетическую связь «Природы» и созданной в 1915 г. знаменитой КЕПС — Комиссии по изучению производительных сил России. И там и здесь действовали одни и те же лица, прежде всего В. И. Вернадский и А. Е. Ферсман, на страницах журнала систематически сообщалось о деятельности КЕПС, ее заседаниях, экспедициях и других мероприятиях, обсуждался проект создания на базе «Природы» печатного органа КЕПС, а в завершение всего КЕПС стала издателем «Природы».

Для этого периода характерна публикация в журнале большого числа материалов по вопросам организации науки, причем не абстрактно-теоретических, а с конкретными решениями, которые в ряде случаев редакция предлагает «взять на себя». Так, в 1914 г. в «Природе» организован отдел, координирующий и пропагандирующий работу местных научных обществ и учреждений.

Уже упоминавшиеся руководители журнала были и его ведущими авторами, и литературными сотрудниками редакции. Приходится поражаться обилию мелких заметок, рецензий, сообщений, подписанных В. И. Вернадским, Н. К. Кольцовым, А. Е. Ферсманом и другими



Академик АН УССР
Лев Александрович
ТАРАСЕВИЧ
(1868—1927)
редактор «Природы»
в 1913—1927 гг.



Член-корреспондент АН СССР
Николай Константинович
КОЛЬЦОВ
(1872—1940)
редактор «Природы»
в 1914—1927 гг.



Академик
Александр Евгеньевич
ФЕРСМАН
[1883—1945]
редактор «Природы»
в 1917—1930 гг.



Академик
Алексей Алексеевич
БОРИСЯК
[1872—1944]
ответственный редактор
«Природы» в 1931—1935 гг.

виднейшими русскими учеными, которые как раз в это время проводили свои исследования, заслужившие мировую славу.

В разгар шовинистического угара, охватившего легальную русскую печать в период империалистической войны, «Природа» занимала последовательную интернациональную позицию, выраженную в одной из статей Н. К. Кольцова: «Мы должны стремиться к тому, чтобы среди психоза войны и ненависти сохранить спокойствие и не забывать, что, когда окончится война, придется так или иначе налаживать международные отношения и что в этом великом деле близкого будущего науке, которая всегда служила и по существу своему вечно будет служить всему человечеству, предстоит сыграть самую важную, ответственную роль».

Однако «Природа» вовсе не стояла в стороне от событий, волновавших страну: в годы войны в каждом номере появлялись материалы, так или иначе затрагивавшие военную тему, на страницах журнала 1917 г. очень ясно чувствуются надежды русской интеллигенции, связанные с ожиданием предстоящих революционных преобразований.

После Великой Октябрьской революции начался постепенный переход журнала на новые рельсы. В трудные 1918—1919 годы журнал выходил нерегулярно, печатался то в Москве, то в Петрограде, в одном выпуске совмещалось по нескольку номеров, об отдельных из них даже нет точных сведений¹. В 1920 г. журнал не выходил вовсе, однако на титуле 1921 г. указывается двойная дата: 1920—1921 гг. С 1921 г. «Природа» стала издаваться в Петрограде, и у нее появился новый издатель — КЕПС, которая стала в то время одним из основных учреждений Академии наук, так что именно с этого момента «Природу» можно считать академическим изданием.

Ленинградский период «Природы» продолжался 30 лет. В 1952 г., с возвращением «Природы» в Москву, начался третий, современный этап ее развития, который продолжается и поныне. Разумеется, подобная периодизация условна, но нам представляется, что имеется ряд существенных черт, характерных для каждого из указанных этапов.

Определяющая черта «Природы» в 20—40-е годы — ее активное отношение к становлению и развитию советской науки, к подготовке научных кадров, к восстановлению, реконструкции и строительству народного хозяйства СССР на научной основе. Характерны названия рубрик, появившиеся в журнале в эти годы: «Естественные науки и строительство СССР», «Природные ресурсы СССР», «Жизнь институтов и лабораторий». Большое внимание стало уделяться философским, идеологическим, социологическим проблемам науки. «Природа» включает в сферу своего внимания все советское естествознание, еще шире привлекаются к участию в журнале ведущие

¹ Редакция была бы благодарна нашим читателям за сообщение сведений относительно № 7—12 за 1918 г. и № 1—3 за 1919 г.

и молодые советские ученые. Его постоянными авторами, членами редакционной коллегии, руководителями отделов, наряду с прежними сотрудниками, становятся Л. А. Арцимович, братья Н. И. и С. И. Вавиловы, И. М. Губкин, Н. Д. Зелинский, А. Ф. Иоффе, В. Л. Комаров, Л. А. Орбели, Е. Н. Павловский, Р. Л. Самойлович, А. Н. Северцов, Н. Н. Урванцев, А. А. Ухтомский, В. Г. Фесенков, Я. И. Френкель, В. А. Фок, Г. А. Шайн, О. Ю. Шмидт и др. В 1933—1935 гг. ответственным редактором журнала был выдающийся советский геолог и палеонтолог А. А. Борисяк. После него журнал возглавили будущий президент Академии наук СССР, крупнейший физик и пропагандист науки С. И. Вавилов — в качестве председателя редакционной коллегии и известный ботаник В. П. Савич — в качестве ответственного редактора.

Это были годы бурного расцвета науки, образования, продвижения знаний в массы трудящихся. В стране создается целая сеть научно-популярных журналов, рассчитанных на разные категории читателей: «Наука и жизнь», «Техника — молодежи», «Знание — сила» и др. Существовал и ряд журналов широкого профиля, предназначенных для ученых: «Социалистическая реконструкция и наука» (СОРЕНА), «Научный работник» и др. В этих условиях важно было точно определить свое место, читательское назначение, уровень популяризации. В редакционной статье первого номера за 1933 г. впервые конкретизируется круг читателей «Природы»: научные работники, преподаватели, аспиранты — «неспециалисты» в трактуемой области.

Особо следует остановиться на издании «Природы» в годы Великой Отечественной войны. Журнал выходил реже и в уменьшенном объеме, но работа редакции не прекращалась даже в самых трудных военных условиях. «Невышедший номер» нашего журнала за 1941 г., о котором рассказывает Д. В. Лебедев (с. 134), — характерный тому пример. Как и весь народ, наши авторы делали все возможное, чтобы ускорить разгром врага. Печатались статьи по военной медицине, технике, по применению естественнонаучных знаний — ботанических, геологических, географических — на фронте и в тылу, разработкам и поискам новых природных ресурсов. Много внимания уделялось разоблачению фашистской идеологии, пропаганде советского патриотизма, чувства гордости за историю родной страны и ее науки.

В 1951 г. Президиум АН СССР принял постановление по нашему журналу, в соответствии с которым произошли существенные изменения в его внешнем облике и содержании. Журнал переехал в Москву, увеличился его объем, улучшилось оформление. Главным редактором «Природы» был назначен известнейший советский ученый-энциклопедист, географ и математик, пропагандист и организатор науки О. Ю. Шмидт.

Передовая первого номера 1952 г. с символическим названием «Преобразование природы» была написана президентом Академии наук А. Н. Несмеяновым. К участию в журнале были привлечены ведущие научные силы страны. В 50-е годы и позднее мы встречаем на его страницах имена А. Е. Арбузова, И. И. Артоболевского, Б. Л. Астаурова, Д. С. Белянкина, Л. Ф. Верещагина,



Академик
Сергей Иванович
ВАВИЛОВ
(1891—1951)
председатель
редакционной коллегии
«Природы» в 1936—1951 гг.



Профессор
Всеволод Павлович
САВИЧ
(1883—1972)
ответственный редактор
«Природы» в 1936—1951 гг.



Академик
Отто Юльевич
ШМИДТ
(1891—1956)
главный редактор
«Природы» в 1952—1956 гг.



Академик
Дмитрий Иванович
ЩЕРБАКОВ
(1893—1966)
главный редактор
«Природы» в 1957—1966 гг.

А. П. Виноградова, А. В. Винтера, Е. К. Завойского, Л. А. Зенкевича, Г. М. Кржижановского, Л. Д. Ландау, Г. С. Ландсберга, И. Г. Петровского, В. Н. Сукачева, И. Е. Тамма. Широко стали печататься и зарубежные ученые, среди них — В. Вайскопф, Н. Винер, В. Гейзенберг, Дж. Натта, Г. Селье, Э. Сегре, Г. Юри и др. Появилась рубрика «Наука в странах народной демократии». «Природа» стала более чувствительным «барометром» научных интересов общества. Еще в первой половине 50-х годов в журнале стали постоянно освещаться вопросы, связанные с освоением космического пространства, электронными вычислительными машинами, охраной окружающей среды.

В течение десяти лет — с 1957 по 1966 г. — журнал возглавлял Д. И. Щербаков, советский геолог и геохимик, ученик В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана, академик-секретарь Отделения геолого-географических наук АН СССР. Заместителем главного редактора в эти годы был физик и прекрасный популяризатор Д. А. Франк-Каменецкий. С 1967 г. главным редактором «Природы» стал Н. Г. Басов.

Основной фактор развития науки на современном этапе, этапе развитой научно-технической революции — это превращение ее в производительную силу общества, в одну из весьма сложных и специфических отраслей народного хозяйства. Этот фактор является определяющим в программе нашего журнала.

Следует подчеркнуть, что, несмотря на многочисленные организационные изменения, «Природа» всегда сохраняла один и тот же принцип популяризации: каждая статья, опубликованная в журнале, должна быть рассчитана на человека, получившего высшее естественнонаучное образование, но не работающего в той области, к которой относится данная статья. На современном этапе круг читателей «Природы» расширился: наряду с исследователями, преподавателями и аспирантами (а, может быть, частично и студентами старших курсов), появляются многочисленные категории лиц, которые по роду своей деятельности обязаны знать положение в естествознании в целом. Это прежде всего сотрудники научных отделов различных государственных, партийных, советских и других учреждений, научные журналисты и т. п. Важной категорией наших читателей становятся инженеры, внедряющие научные достижения в производство.

Несколько иное значение стала приобретать «Природа» и для ученых-естественников. Прежде всего, в наше время в ней должны быть заинтересованы исследователи, которые работают в новых областях, рождающихся на стыке наук, а также те, кто использует в своих работах прикладные следствия других дисциплин. Но поскольку конкурирующим процессом такой интеграции науки является ее дифференциация, узкая специальная литература (и даже обзорная) становится все более «непонятной» уже и для профессионалов. Поэтому многие ученые читают в «Природе» статьи по своей специальности, чтобы поддержать свой «университетский» уровень. Надо научиться постоянно совершенствовать свои знания, вырабатывать навыки исследователя, широкий теоретический кругозор, — говорит Леонид Ильич Брежнев. — Без этого трудно ориентироваться во

все увеличивающемся объеме знаний, в растущем потоке научной информации».

Наконец, наука всегда являлась важнейшим элементом культурного достояния общества. Человек, не имеющий представления о квантовой механике, молекулярной биологии или современной тектонике, точно так же не может считать себя в полном смысле интеллигентом, как и человек, не знакомый с современной литературой, живописью, музыкой. Это стало забываться, однако еще в прошлом веке Ньютон и Рафаэль, Кант и Моцарт, Дарвин и Толстой на равных правах входили в интеллектуальный багаж передовой русской интеллигенции.

«Достижения науки — из первых рук» — еще один основополагающий принцип нашего журнала. Это означает, что «Природа» предоставляет читателю возможность непосредственного общения с теми, кто «делает науку». Вместе с тем «Природа» остается органом не приоритетной, а «вторичной» информации, т. е. рассказывает о достижениях, уже признанных научной общественностью.

Отмеченными выше традиционными особенностями определяется и стиль журнала, для случайного читателя, может быть, несколько суховатый. Мы стремимся к тому, чтобы компенсировать это максимальной ясностью и четкостью изложения материала, его абсолютной достоверностью.

Мы сознаем также и целый ряд субъективных недочетов, зависящих только от нашей работы, в частности недостаточное в настоящее время количество публикаций по химии, математике, особенно вычислительной, механике, принципиальным вопросам техники, медицины, сельского хозяйства. Многие предстоит сделать для улучшения внешнего вида нашего журнала. Редакционная коллегия и редакция «Природы» будет работать над ликвидацией этих недостатков, будет и в дальнейшем стремиться следовать основным принципам деятельности журнала, заложенным нашими предшественниками.

Вступление нашего общества в период развитого социализма ознаменовано неуклонным возрастанием роли науки. Эта роль отражена в решениях XXV съезда КПСС, в принятом Основном Законе нашего государства — Конституции СССР. Выступая на торжественном заседании, посвященном 60-летию Великой Октябрьской социалистической революции, Генеральный секретарь Центрального Комитета КПСС, Председатель Президиума Верховного Совета СССР Л. И. Брежнев сказал: «Размышляя о будущем, мы придаем большое значение науке. Ей предстоит внести огромный вклад в решение самых важных задач строительства коммунизма».

Советские ученые отвечают на это внимание нашей партии выдающимися успехами в важнейших областях современного естествознания. Такая ситуация накладывает особую ответственность на органы массовой научной информации нашей страны. Редакционная коллегия журнала «Природа» видит свою задачу в наиболее адекватном отражении на своих страницах побед и свершений советской науки, черпающей силы, новые идеи и творческое вдохновение в могучем таланте своего народа.

В РЕДАКЦИЮ «ПРИРОДЫ»

В связи с выходом 750-го номера «Природы» редакция получила ряд писем советских ученых, в которых содержатся существенные и конструктивные предложения по дальнейшему улучшению журнала. Эти предложения редакция будет реализовывать в своей дальнейшей деятельности. Редакция благодарна за внимание, которое наши ученые уделили журналу.

Академик А. Л. Яншин

Журнал «Природа», начавший выходить в 1912 г., с самого первого года издания стал пользоваться заслуженным авторитетом. В подготовке и редактировании статей для него принимали участие выдающиеся отечественные ученые, которые считали своим долгом знакомить многочисленную еще тогда русскую интеллигенцию с передовыми достижениями науки в разных областях естествознания.

Эта славная традиция сохранилась. Однако с тех пор прошло много лет, причем последние 60 из них по своему значению, по грандиозности преобразований политических, социальных, экономических, культурных и научных не имели ничего равного или даже подобного в мировой истории человечества. Естественно, что эти преобразования нашли свое отражение в научной и научно-популярной литературе, издаваемой в нашей стране. В 1913 г. Российской академией наук были опубликованы книги и журналы общим объемом в 1437 авторских листов. В 1976 г. только академическими издательствами СССР и союзных республик было опубликовано 170 тыс. авторских листов. А ведь научную и научно-популярную литературу выпускают в большом количестве и «Политиздат», и общество «Знание», и высшие учебные заведения, и многие издательства Государственного комитета Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.

Достижениями современной науки интересуется не только многомиллионная советская трудовая интеллигенция. Ими

интересуется и в своей деятельности их применяет весь советский народ. Поэтому у нас огромными тиражами выходят многие научно-популярные журналы: «Наука и жизнь», «Квант», «Земля и Вселенная» и множество других. В их списке журнал «Природа» сохранил свое место и свой авторитет. Его тираж с каждым годом увеличивается и последнее время достигает 80 тыс. экземпляров. Профиль этого журнала не тот, который существовал до Октябрьской революции. Тогда это был один из немногих научно-популярных журналов в стране. Я являюсь подписчиком «Природы» уже более 40 лет, и потому мне было видно, как его прежние функции постепенно перешли к другим журналам, прежде всего к «Науке и жизни». Однако «Природа» приобрела не менее важные новые функции. Она стала очень важным и совершенно необходимым научно-популярным журналом для ученых.

Дело в том, что при современном стремительно нарастающем потоке научной информации следить за развитием даже соседних областей знания по специальной литературе для ученого стало невозможно. Еще 10 лет назад в «Литературной газете» (1967, № 7) я опубликовал статью «Времена Фаустов миновали», в которой подчеркивал, что, работая индивидуально, ученый уже не в состоянии держаться на переднем крае современной науки. Однако и для того, чтобы руководить коллективом, ученый должен хотя бы в общих чертах знать, что же делается за пределами его собственной, поневоле сравнительно узкой специальности. Вот этому в значительной мере помогает наш любимый

журнал «Природа». Он охватывает своими публикациями все области современного естествознания, живо откликается на все действительно новое и важное, кратко сообщает интересные «Новости науки», публикует сообщения о выходящих нужных книгах, нередко дает подробные рецензии на них, и даже введенные в последние годы научно-юмористические странички «В конце номера», по моему глубокому убеждению, украшают журнал. Ведь шутят не только физики. Иногда это «разрешается» и ученым других специальностей.

Очень хорошо, что большинство статей журнала сопровождается краткой библиографией либо в подстрочных примечаниях, либо в виде списка рекомендуемой литературы в конце текста. Я и многие мои коллеги пользовались этим для более подробного ознакомления с заинтересовавшим нас научным вопросом.

В век космонавтики, атомной энергии, кибернетики, полупроводников, полимеров, генной инженерии, электронно-вычислительной техники и системного анализа содержание журнала «Природа» резко изменилось не только по сравнению с 1912 г., но и по сравнению с довоенным периодом. Для широкого круга читателей некоторые статьи на новые темы, особенно по математике и по ядерной физике, написаны несколько сложно, иногда с приведением большого количества нелегко воспринимаемых формул, но они всегда ценны по своему содержанию и, если не с первого чтения, то со второго понятны всем ученым-естествоиспытателям.

На будущее хочется высказать одно пожелание. Журнал «Природа» должен уделять несколько большее внимание вопросам охраны природы или, как теперь принято говорить, «окружающей среды». Несмотря на все достижения современной техники, а отчасти и в результате их, среде обитания человека угрожают если не опасности, то многие крупные неприятности, возможные размеры и последствия которых еще недостаточно изучаются, а потому и недостаточно учитываются при разработке различных проектов развития народного хозяйства. Начавшееся потепление климата Земли, связанное с увеличением содержания в атмосфере углекислого газа, может вернуть нас через сотни лет к климатическим условиям среднего плейстоцена, а мы даже не можем уверенно сказать, хорошо это или плохо. Распространение нефтяной пленки на обширных про-

странствах Мирового океана уменьшает испарение воды с его поверхности, и не оно ли приводит к участившимся засухам в средних широтах? Бешеное размножение морской звезды «терновый венец», начавшееся после атомных взрывов в атоллах Тихого океана, привело к гибели множества коралловых рифов и разрушению их волнами морского прилива.

Человек все более и более ощущает себя частью биосферы. Нужно верить прогнозу гениального советского ученого Владимира Ивановича Вернадского, согласно которому биосфера должна преобразоваться в ноосферу — сферу, существование и развитие которой будет направляться человеческим разумом. В нашей стране развитого социализма для этого делается очень многое и еще больше будет делаться теперь, после принятия новой Конституции Советского Союза. Однако для правильного и успешного проведения в этой области новых решительных мероприятий государственного масштаба необходимо изучение и хорошее знание проблем глобальной экологии, включающей экологию человека в различных и изменяющихся природных условиях.

Естественно, что отражение этих важнейших проблем жизни человеческого общества должно занять прочное место на страницах журнала «Природа».

А. Инцх

Академик Л. М. Бреховских

За последние 10 лет популярность журнала «Природа» в среде научных работников сильно возросла. Причина этого — не только разнообразная естественнонаучная тематика журнала и достаточно высокий уровень популяризации, но и тот факт, что к сотрудничеству редакция привлекает крупных ученых — необходимое условие для работы журнала Президиума АН СССР.

Желаю «Природе» еще больших успехов в популяризации достижений естественных наук и особенно науки об окружающей среде — эта область естествознания, естественно, наиболее мне близка. Хоте-

лось бы, чтобы на страницах журнала появлялось больше материалов о Мировом океане и атмосфере, животном и растительном мире нашей планеты.

А. Фомин

Академик М. С. Гиляров

Журнал «Природа» у нас уникальный. Это строго научный журнал, на который можно ссылаться, как и на специальное научное издание. В то же время статьи в «Природе» доступны специалистам, не работающим в области, к которой относятся публикуемые сообщения.

Журнал, который не гонится за сенсациями, за броскими заголовками, но всегда сообщающий новое и интересное, помещающий добротный научный материал «из первых рук», заслуживает высокой оценки. Он незаменим и в научных, и в общих, и в школьных библиотеках. Девизом журнала должны быть научная добротность и доступность изложения. Это трудно, но крайне нужно.

М. С. Гиляров

Академик В. Л. Гинзбург

Мне хочется подчеркнуть, что «Природа» сегодня представляет собой необходимое звено в нашей журнальной литературе. Такой журнал, как «Наука и жизнь», рассчитан на значительно более широкий круг читателей и не может печатать большинства материалов, появляющихся в «Природе». Что же касается «Успехов физических наук» и аналогичных обзорных журналов, то они в целом весьма специализированны.

Одно из свойств человеческих — не ценить или недостаточно ценить то, что имеешь. В этой связи мне кажется уместным сообщить, что в США нет журнала, аналогичного «Природе», а он нужен. Во

всяком случае, так считает известный американский физик Ф. Дайсон: в письме, которое я получил в 1975 г., он, между прочим, пишет: «Я думаю, что журнал «Природа» в Советском Союзе находится примерно на нужном уровне (в смысле уровня популярности.— В. Г.), но мы здесь не имеем ничего соответствующего».

Добавлю, что я и выписываю «Природу», и с удовольствием пишу для нее.

Итак, речь может идти только о том, чтобы и дальше улучшать «Природу». В этом отношении я считаю необходимым, чтобы «Природа» выдавала авторам статей не менее 50 оттисков, причем в приличной обложке — и то и другое нужно для престижа журнала и интересов дела ничуть не меньше, чем для удобства авторов. Высокое качество статей не может также быть обеспечено без предоставления авторам хотя бы одной корректуры.

Желаю «Природе» всяческого успеха!

В. Л. Гинзбург

Академик И. К. Кикин

Журнал Академии наук СССР «Природа» — интересное научно-популярное издание. Количество подписчиков этого журнала, по-моему, далеко не соответствует качеству журнала; он мог бы иметь значительно большую популярность в стране, если бы редакция, а может быть, и издательство «Наука» не слишком скромничали в смысле рекламы, а также сделали бы более броским оформление журнала.

«Природа» и по названию совпадает со своим английским собратом — «Nature», который в свое время был очень популярен (в нем сотрудничали многие корифеи науки, среди них Карл Маркс). Авторами «Природы» были и остаются ведущие деятели русской и советской науки. То, что крупные ученые часто пишут в «Природу», заслуживает всяческого одобрения.

Вспоминаю, что когда я был еще

молодым человеком, но уже научным работником, помимо статей физического профиля, я с большим интересом читал статьи по биологии, минералогии и др. С удовольствием читал А. Е. Ферсмана — он дал блестящий пример научной литературы, изложенной в художественной форме. То же можно сказать и о статьях В. А. Обручева, высоко научных и вместе с тем по-настоящему популярных, статьях по географии, геологии и общим проблемам науки — они могли увлечь кого угодно. В настоящее время я особенно интересуюсь статьями по биологии и астрофизике.

«Природа», в частности ее физический раздел, имеет своим «младшим братом» журнал «Квант», занимающийся повышением образования школьников. Следует учесть, что школьники старших классов — это большая армия читателей. Может быть, целесообразно организовать кооперацию между «Природой» и «Квантом» и завести в «Природе» отдел для старших школьников, так чтобы «Природа» дополняла «Квант», а «Квант» — «Природу». Тем самым резко возросло бы число подписчиков на «Природу» среди школьников и преподавателей средних школ, что еще более способствовало бы совершенствованию образования советских граждан.

Я считаю, что «Природа» должна быть рассчитана не только на ученых, но и на более широкий круг читателей. Ученые же для получения информации о смежных областях науки имеют и другие источники.



Академик Н. Н. Семенов

Журнал «Природа» — очень серьезный и вместе с тем популярный журнал для ученых. За последние годы он значительно улучшил освещение всего многообразия естествознания.

Я хотел бы, чтобы на страницах «Природы» нашли более широкое отражение проблемы философии естествознания, хотя в стране и имеются другие философ-

ские периодические издания. Конечно, философские проблемы естественных наук регулярно освещаются в журналах «Коммунист», «Вопросы философии» и ряде других. В «Природе», по моему мнению, на эту тему наряду с философами должны чаще выступать сами естествоиспытатели.

Меня крайне интересует проблема связи и различия между химией и физикой. Она нашла отражение в самом определении химии как физики атома, и эта связь наиболее отчетливо изучается в новой науке об основе химических превращений — химической физике.

Еще Ф. Энгельс видел эти различия, говоря о различных формах движения материи. Но он видел также и единство этих форм.

Хотелось бы, чтобы химики и философы развили эти понятия в свете новейших достижений физики и химии.



Академик А. В. Сидоренко

Люблю журнал «Природа», читаю его уже несколько десятков лет, за исключением периода Великой Отечественной войны. Охотно выступал и, надеюсь, в дальнейшем буду печататься на его страницах. Высоко ценю журнал за его глубокую научную достоверность в популяризации достижений отечественной и мировой науки. Ваш журнал делает великое дело — способствует доведению до широких масс читателей достижений науки. Этим самым «Природа» является одним из важных факторов внедрения науки в массы, в жизнь.

Хотелось бы внести также небольшое предложение. Ваш журнал — один из старейших научно-популярных изданий. В нем выступали многие корифеи нашей науки и было много опубликовано интереснейших материалов. Может быть, было бы целесообразным периодически

показывать, как развивались представления, изложенные в журнале в прежние годы. Сравнение статей прежних лет и современных было бы надежным показателем развития науки, ее величия и роли в жизни человечества.

Желаю «Природе» больших успехов в освоении и пропаганде прекрасной природы нашей планеты.



Академик Б. С. Соколов

Необычайный рост количества специализированных научных журналов во всем мире и в СССР отражает естественную дифференциацию направлений современного научного знания. Вместе с тем мы все более нуждаемся в информации из смежных наук, их пограничных областей, в совмещении знаний, казалось бы, совершенно отдаленных. К примеру, современные проблемы происхождения, ранних стадий становления и развития жизни на Земле, а возможно, и во Вселенной, сближают интересы биохимиков, космохимиков, геологов, планетологов, палеонтологов, биологов, астрофизиков и т. д. В мире нет специальных научных журналов, сближающих интересы подобных групп ученых, а таких групп становится все больше и больше по мере наших потребностей в научных синтезах, в идеях, черпаемых у «научных соседей». В этом смысле популярные журналы, подобные «Природе», играют неоценимую роль, безоговорочно доказанную всеми 750 номерами, выпущенными за 66 лет существования журнала. Высокая научность и популярность изложения материала — главные достоинства журнала, объединяющего интересы ученых-естествознавцев и читателей, интересующихся естествознанием в целом. Поэтому деятельность журнала и его редколлегии, несомненно, может и должна совершенствоваться.



Академик Г. Н. Флеров

Выход 750-го номера «Природы» совпадает с юбилеем нашей лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований (Дубна), которая вот уже 25 лет занимается синтезом, а в последние 10 лет — поисками тяжелых и сверхтяжелых трансураниевых элементов.

Оглядываясь назад, ясно видишь, что все эти годы мы, по существу, пытались разгадать и, по возможности, скопировать процессы, происходящие в «природной лаборатории». Более того, мы мечтаем сделать то, что оказалось не по плечу самой природе. Применяя «дореволюционную терминологию», мы дерзаем осуществить то, что не смог сделать сам господь бог.

Однако для решения такой сложной и фундаментальной задачи, как поиск трансураниевых элементов, требуются знания не только и не столько ядерной физики, но и достижений других ученых — геохимиков, геологов, астрофизиков, метеоритчиков и т. д. Наши сотрудники, ведущие поиск трансуранов, естественно и я, конечно, не в состоянии досконально изучить эти науки. Чтобы выработать свой собственный взгляд на проблемы, интересующие нас, нам нужен какой-то уровень понимания этих дисциплин. Вот где неоценимы научно-популярные журналы, и в первую очередь читаемый и используемый нами многоплановый журнал «Природа». Приятно, что, помимо старейшины — «Природы», издаются и такие журналы, как «Наука и жизнь», «Химия и жизнь», «Знание — сила» и др.

Ряд идей и подходов к новым проблемам появились у нас после ознакомления с соответствующими статьями в этих журналах. Мы, естественно, не находим в них буквального ответа на наши вопросы, но они дают нам толчок, чтобы понять, какая из наших гипотез должна быть, как неверная или наивная, отброшена и какая может служить основанием для обсуждения. Новое рождается на стыке наук, и часто о наличии «горячих точек» мы узнаем из популярных журналов.

Основное достоинство «Природы», помимо того что она охватывает все естественнонаучные дисциплины, заключается в способе подачи материала. Я бы сформулировал это достоинство следующими словами: у журнала популяризация не давит на научность. Это качество очень ценно для читателей — научных работников, так как чисто научные журналы, рассчитанные на специалистов данной об-

ласти, слишком сложны для ученых смежных областей науки.

В «Природе» публикуется разнообразный материал и по ядерной физике; в том числе и о работе нашей лаборатории. Многие запросы, письменные и телефонные, приезды в Дубну для консультации ученых и инженеров — результат информации, полученной часто из научно-популярных журналов, в особенности из «Природы».

Я считал бы целесообразным организовать на страницах журнала широкие дискуссии по узловым вопросам развития науки — экологии, энергетики будущего и в особенности по важной проблеме, неоднократно поднимавшейся в докладах и выступлениях Генерального секретаря ЦК КПСС, Председателя Президиума Верховного Совета СССР Л. И. Брежнева и Президента АН СССР А. П. Александрова — о соотношении между фундаментальными и прикладными науками. Это неисчерпаемая тема. По ней могут и должны выступать и естествоиспытатели, и философы. Безусловно, будут высказаны разные точки зрения. В этом вопросе нет догм, нет рецептов для каждой науки. Разные периоды в развитии науки дают своеобразные связи между фундаментальными и прикладными науками.



Академик Н. М. Эмануэль

Мне было четырнадцать лет, когда я впервые взял в руки журнал «Природа». Сейчас я на полвека старше и своими сегодняшними глазами всматриваюсь в страницы давно любимого журнала. Тогда, школьником-семиклассником, я завел модельную картотеку и расписывал статьи журнала по карточкам, нарезанным из листьев тетради в клетку. Хотелось заниматься всем, о чем писал журнал. Люди науки, авторы статей — все были кумирами, и очень хотелось завоевать право

работать около этих людей, работать вместе с ними.

Сейчас передо мной последние номера журнала. Проблемы науки стали крупнее и шире. Грустно от сознания, что всем заниматься абсолютно невозможно. От этого люди науки и авторы статей кажутся еще более значительными, чем пятьдесят лет назад. Журнал стал помещать портреты авторов, называет их по именам, говорит в качестве кого, где и над чем они работают. Это очень хорошо. В науке у нас работает огромное число людей. Многих знаешь по фамилии, но не всегда в лицо. И сейчас, читая их статьи, невольно смотришь на лица тех, кто делает науку сегодня. Умные статьи, умные, волевые, энергичные, одухотворенные и, в большинстве своем, молодые лица. В надежных руках наша наука, прекрасная у нас научная смена.

Журнал всегда информировал читателей о всех главных достижениях мировой науки. Эта традиция сохранилась и сейчас. Короткие заметки об этих достижениях естественным образом вливаются в поток научной информации, захлестывающей современный мир, и помогают человеку задержаться взглядом на самом главном, важном, перспективном.

Общеизвестна огромная роль науки в жизни нашего общества, общеизвестно огромное внимание и забота Коммунистической партии Советского Союза и Советского правительства о развитии науки в нашей стране.

Журнал «Природа» многое сделал не только для пропаганды, но и для развития советской науки. Поэтому, поздравляя журнал с выходом в свет 750-го номера, хочется выразить уверенность, что еще много-много сотен будущих номеров этого журнала со все возрастающим успехом будут служить этим великим целям.



ЛЕНИН И НАУКА

Г. М. Кржижановский



Глеб Максимилианович Кржижановский (1872—1959), видный деятель революционного движения в России, советский государственный и партийный работник, ученый-энергетик, литератор, академик (с 1929 г.), вице-президент АН СССР (1929—1939), основатель (1930) и до конца жизни руководитель Энергетического института АН СССР, Герой Социалистического Труда. Вместе с В. И. Лениным участвовал в организации в Петербурге «Союза борьбы за освобождение рабочего класса», участвовал в подготовке II и III съездов РСДРП, был избран членом ЦК на II съезде. Делегат XIV—XVII съездов партии, на XIII—XVII съездах избирался членом ЦК ВКП(б). Г. М. Кржижановский сыграл выдающуюся роль в разработке и проведении в жизнь плана ГОЭЛРО, в организации социалистического планирования, был председателем комиссии ГОЭЛРО, первым председателем Госплана (1921—1930). В своих работах Г. М. Кржижановский исследовал проблемы составления энергетического баланса и научных основ развития энергосистем, создания единой энергетической системы страны, электрификации отраслей народного хозяйства, комплексного использования энергетических ресурсов и энергетического районирования.

Автор ряда воспоминаний о В. И. Ленине.

ДОКТОБРИНСКАЯ Россия была одной из экономически отсталых стран Европы. Пережитки крепостничества, гнет царского самодержавия, недуги капитализма, первобытный строй крестьянской жизни — все это тормозило развитие страны. Но на суровых просторах севера и востока Евразии веками слагался и жил в непрестанной и жестокой борьбе со стихиями природы и со стихиями громадных враждебных людских масс мощный народ, отнюдь не бессильно покорный одним только темным силам прошлого. Из мрака этого прошлого он бережно донес и сохранил в памяти мира ряд блестящих достижений и немеркнущих имен.

Об этом красноречиво свидетельствуют запечатленные на скрижалях истории подвиги русского народа в битвах и с дикими кочевниками востока и с немецкими псами-«рыцарями», с феодалами Европы и с полчищами Наполеона, говорившими на «двунадесяти языках». Об этом же говорит и блестящая плеяда великих художников, композиторов, литераторов, представителей самых разнообразных искусств, равно как и плеяда великих ученых России.

Наконец, и сам русский язык — могучий и многогранный, гибкий и образный — разве не говорит он по-своему о мощи и величии создавшего его народа?

И, однако, для того чтобы вскрыть в этом народе несомненные возможности для самостоятельного, невиданного по своим масштабам движения вперед, для того чтобы сплотить эту семью народов под знаменем марксизма и превратить ее в несокрушимую цитадель мирового прогресса, — для этого нужна была героическая пролетарская партия, созданная и возглавляемая подлинным гением.

Один из наиболее страстных борцов за революционно-демократическое преобразование основ нашей народной жизни и один из благороднейших умов нашей Родины, В. Г. Белинский дал в свое время превосходное определение гениальности. Он писал:

«Гений всегда открывает своими творениями новый, никому до него не известный, никем не подозреваемый мир действительности... Имя гения — миллион, потому что в груди своей носит он страдания, радости, надежды и стремления миллионов. И вот в чем заключается всеобщность его идей и идеалов: они касаются всех, они всем нужны, они существуют не для избранных, не для того или другого сословия, но для це-

лого народа, а через него и для всего человечества»¹.

Рукою мастера здесь намечены три решающих момента гениальности: во-первых, особая, присущая гению сила вскрытия тайников жизни; во-вторых, нерушимая связь его с жизнью народных масс; в-третьих, всеобщность этой связи, роднящая гения со всем человечеством.

Вдумайтесь в эти положения и вы невольно будете поражены, с какой глубиной и силой в этих строках Белинский пророчески охарактеризовал облик Ленина. В этом нетрудно убедиться, останавливаясь на любой из основных черт великой жизни Владимира Ильича.

Тема «Ленин и наука» необычайно трудна, и для того, чтобы осветить ее, надо было бы написать не один трактат. В настоящей статье мы ставим перед собой скромную задачу — дать лишь несколько штрихов, позволяющих представить себе величие Ленина как гения науки.

Достаточно даже беглого знакомства с научными работами Владимира Ильича Ленина, чтобы увидеть ясное проникновение в факты, умение исследовать сложные взаимоотношения и предвидеть вытекающие из них последствия. Все эти черты воплощены в таком концентрате, когда количество превращается в качество и притом совсем особого порядка, когда вы смело можете констатировать, что перед вами не просто человек науки, а — гений.

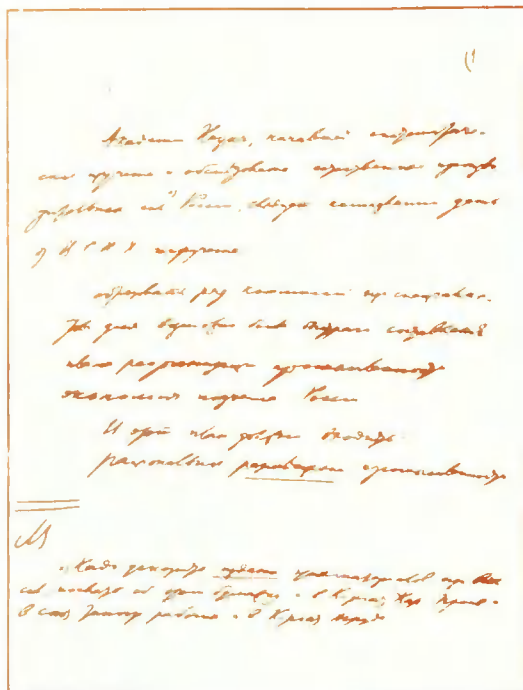
О научном методе и правильном подходе к фактам Ленин говорит со свойственной ему определенностью. Вот его наказ работникам науки:

«Чтобы действительно знать предмет, надо охватить, изучить все его стороны, все связи и «опосредствования». Мы никогда не достигнем этого полностью, но требование всесторонности предостережет нас от ошибок и от омертвления. Это во-1-х. Во-2-х, диалектическая логика требует, чтобы брать предмет в его развитии, «самодвижении»..., изменении... В-3-х, вся человеческая практика должна войти в полное «определение» предмета и как критерий истины и как практический определитель связи предмета с тем, что нужно человеку. В-4-х, диалектическая логика учит, что «абстрактной истины нет, истина всегда конкретна...»².

¹ Белинский В. Г. Соч., т. III. М., 1948, с. 130—131.

² Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 42, с. 290.

Фотокопия рукописи В. И. Ленина «Набросок плана научно-технических работ». Апрель 1918 г.



И в своих научных работах Ленин сам строго следовал этому своему научному наказу.

Научное творчество Ленина закреплено в его громадном литературном наследстве, во всем исключительном примере его личного жизненного пути и в том великом наследии, которое завещано им человечеству под знаменательными понятиями:

Союз Советских Социалистических Республик и Коммунистическая партия Советского Союза.

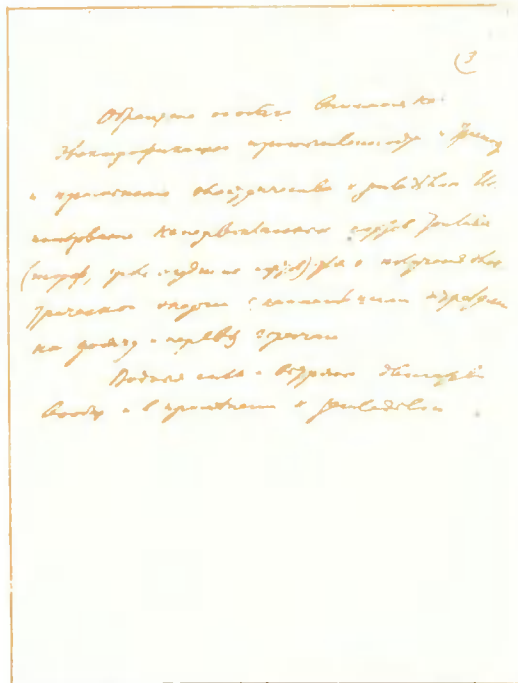
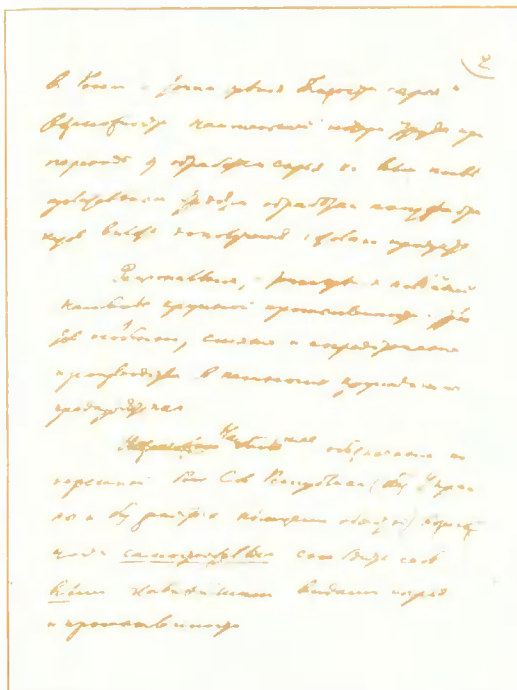
Это он, Ленин, всматриваясь в тернистый путь революционных демократов России, решительно провозгласил, что мученичество их отнюдь не тщетно, что ценой невероятных жертв и мучительных исканий они нащупали правильные пути для научного понимания действительности, для уразумения источников общественных перемен. Кому из нас не памятна вещие слова Ленина:

«В течение около полувека, примерно с 40-х и до 90-х годов прошлого века, передовая мысль в России, под гнетом невиданно дикого и реакционного царизма, жадно искала правильной революционной теории, следя с удивительным усердием и тщательностью за всяким и каждым «последним словом» Европы и Америки в этой области. Марксизм, как единственно правильную революционную теорию, Россия

поистине *выстрадала* полувековой историей неслыханных мук и жертв, невиданного революционного героизма, невероятной энергии и беззаветности исканий, обучения, испытания на практике, разочарований, проверки, сопоставления опыта Европы. Благодаря вынужденной царизмом эмигрантшине, революционная Россия обладала во второй половине XIX века таким богатством интернациональных связей, такой превосходной осведомленностью насчет всемирных форм и теорий революционного движения, как ни одна страна в мире»³.

Перечитывая это высказывание, я невольно вспоминаю ту «невероятную энергию и беззаветность исканий», которые на моих глазах проявлял сам Владимир Ильич на своем героическом жизненном пути. В сибирской ссылке я видел, как ему удавалось с какой-то особой естественной непринужденностью так строить свой жизненный обиход, что каждый прожитый им день давал ему максимальный запас знаний для движения вперед. Именно это обеспечило Ленину ту научную вооруженность интеллекта, которая позволила ему, например, в самые трудные начальные годы Со-

³ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 41, с. 7—8.



ветской власти предсказать, что достаточно одного-двух десятилетий трудового сотрудничества рабочих и крестьян, чтобы наша Советская Россия стала непобедимой. Идея революционного союза рабочего класса и крестьянства, как исходный пункт всего нашего движения к высотам социализма и коммунизма, была выдвинута им на основе изучения огромной, относящейся к этому вопросу литературы, и в первую очередь произведений Маркса и Энгельса.

С несокрушимой энергией, опираясь на марксизм, во всеильность которого как науки он верил всем своим изумительным по целостности существом, он строил нашу победоносную партию, партию коммунистов-большевиков.

Еще будучи молодым 23-летним человеком, он поражал нас, его соратников по Петербургскому «Союзу борьбы за освобождение рабочего класса», своим удивительным мастерством, обладанием таким могучим оружием науки, каким является диалектический материализм. Стоит только вспомнить гениальный прогноз грядущей мировой освободительной роли русского пролетариата, которым кончается его замечательный труд тех времен — «Что такое «друзья народа» и как они воюют против социал-демократов?».

Тем молодым поколениям, сознательная жизнь которых сложилась уже

при советском строе, трудно себе представить, какую целину должен был поднять Владимир Ильич, как много должен он был «раскрыть неизвестного», чтобы развернуть перед человечеством пути к новому весеннему рассвету. Оглядываясь на пройденный нами за послеоктябрьские годы путь, мы, при нашей привычке к высоким темпам окружающей нас жизни, не сразу видим глубины тех разрывов с прошлым, которыми преисполнен этот путь. А какая глубокая научная проницательность гения нужна была для того, чтобы наметить конкретную трассу этого пути!

Разрыв между теорией и практикой Ленин считал одним из самых гнусных признаков капитализма. В апреле 1918 г. он пишет для Академии наук известный набросок плана научно-исследовательских работ. В то время еще никакой группировки научных работников вроде организованной гораздо позднее Государственной комиссии по электрификации России (ГОЭЛРО) и в помине не было. А между тем стоит только перечитать строки этого наказа, чтобы видеть, как, по существу, здесь уже поставлены основные вехи грядущих фундаментальных работ и как много приходилось учиться работникам науки и техники у Ленина в области революционного преобразования всей нашей экономики

и техники на основе общего генерального, научно продуманного плана.

Владимир Ильич неоднократно подчеркивал, что всю жизнь он не устает читать и перечитывать работы Маркса и Энгельса и что при этом он открывает всегда новое. Изучение его литературного наследства наглядно показывает нам, как умел он «советоваться» с нашими первоучителями — Марксом и Энгельсом — во всех трудных случаях на дооктябрьских и послеоктябрьских боевых путях нашей партии.

И подобно тому, как Владимиру Ильичу приходилось обращаться в течение всей его великой жизни к советам Маркса и Энгельса, подобно этому и нам приходится и еще целому ряду грядущих поколений придется неустанно обращаться за советами к величайшему гению науки и научного познания действительности, каким был Владимир Ильич.

Оглядываясь на пройденный нами путь, мы теперь с особой ясностью видим, как велика была та «путевка в жизнь», которую нам дал Ленин. Достаточно вспомнить хотя бы учение Ленина о неравномерности развития капитализма в эпоху империализма и о возможности победы социализма первоначально в немногих или даже в одной, отдельно взятой, стране, которое наносило решающий удар меньшевистски-педантскому подходу к оценкам положительных факторов прогресса той или иной страны, как подбадривало это учение тот актив, который был действительным активом Великого Красного Октября. Какой это поучительный пример разрыва, коренной противоположности между догматическим и творческим марксизмом!

Ленин личным примером показал, что борцы за коммунизм должны быть одновременно большими знатоками всей человеческой культуры. Он умел использовать для своих великих целей завоевания этой мировой культуры, отнюдь не пренебрегая даже и той частью, которая шла от тех, кого он справедливо называл «приказчиками капитализма».

Особо характерны две громадные по своему научному содержанию работы: «Материализм и эмпириокритицизм» и «Империализм, как высшая стадия капитализма». В первой из них изложены творческие основы нашей партии, во второй — охарактеризованы специфические особенности эпохи империализма.

В этих произведениях Ленин особенно наглядно показал, как надо перерабатывать и усваивать завоевания «приказчиков капитализма», отсекая их реакцион-

ные тенденции и борясь со всей линией враждебных сил и классов.

Академик С. И. Вавилов в своей статье «Ленин и современная физика» правильно отмечает:

«В 1909 году, в пору реакции после поражения революции 1905 года, была опубликована книга В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм».

В туманы идеализма, мистицизма, богоискательства тех дней решительно врезался острый, светлый луч ленинской материалистической критики. Беспощадно разрывая паутину эмпириокритицизма, В. И. Ленин противопоставил ему на страницах своей книги несокрушимую теорию познания диалектического материализма»⁴.

Эти примеры показывают, как умел Владимир Ильич не в заоблачных высотах, а в самой гуще жизни находить то новое, до его открытия неведомое людям, что составляло гениальную сущность его научного творчества.

Когда сопоставляешь жизнь и деятельность таких гигантов, какими были Маркс и Ленин, невольно напрашивается некоторая параллель. На могиле Маркса Энгельс говорил:

«Наука была для Маркса исторически движущей, революционной силой. Какую бы живую радость ни доставляло ему каждое новое открытие в любой теоретической науке, практическое применение которого нельзя было даже и предвидеть, — его радость была совсем иной, когда дело шло об открытии, немедленно оказывающем революционное воздействие на промышленность, на историческое развитие вообще. Так, он следил во всех подробностях за развитием открытий в области электричества и еще в последнее время за открытиями Марселя Дебре»⁵.

Все это от слова до слова может быть сказано и о Владимире Ильиче.

В наши дни нам особенно ясно, какую громадную роль в судьбах всего нашего хозяйственного и культурного строительства сыграл тот почин, который навеки будет связан с его именем как в области электрификации нашей страны, так и в создании основанного на науке плана нашего хозяйственного и культурного строительства.

⁴ Вавилов С. И. Ленин и современная физика. — В сб.: Современные проблемы науки и техники. М., 1949, с. 5.

⁵ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 19. М., 1961, с. 351.

Как характерны для Владимира Ильича те небольшие записочки, которые он направлял нам в связи с работами Комиссии над планом ГОЭЛРО, а в дальнейшем в связи с работами Госплана. В конце января 1920 г., когда страна наша только-только выходила из пламени военных гроз, он подчеркивает, как важно дать такой государственный план, «чтобы наглядно, популярно, для массы увлечь ясной и яркой (вполне *научной* в основе) перспективой: за работу-де, и в 10—20 лет мы Россию всю, и промышленную и земледельческую, сделаем *электрической*...

Повторяю, надо увлечь массу рабочих и сознательных крестьян *великой программой на 10—20 лет*»⁶.

Со строк этой записки Владимира Ильича ключом бьет несокрушимая энергия и вера в могучие творческие силы науки, если она будет подхвачена всей массой трудящихся, великой силой рабоче-крестьянской боевой рати.

Крупнейшие библиотеки мира — Петербургская, Московская, Лондонская, Парижская — знавали Ленина в качестве одного из наиболее ревностных читателей. Можно было бы написать целый трактат о том, каким Владимир Ильич был совершенно своеобразным читателем, умевшим в сравнительно короткий срок успешно ознакомиться с великими творениями благороднейших умов человечества. Достаточно просмотреть философские тетради В. И. Ленина, чтобы видеть, какой характер имели его конспекты и какую переключку вел он с самыми выдающимися учеными мира.

Проследивая всю жизнь Владимира Ильича, мы наглядно видим, как неустанно, изо дня в день оттачивалась острая мысль Ленина, одинаково сильная как в изощренном анализе, так и в мощном синтезе. Но, подобно Марксу, Ленин в своей гигантской научной работе особенно заигрался в тех случаях, когда эта работа подводила его к ключевым позициям, к вершинам, с которых открывалось понимание коренных нужд и чаяний миллионов масс трудового народа. Ему пришлось стоять на сторожевой вахте в такие решительные моменты, когда совершались революционные сдвиги всего уклада жизни нашего народа. Он был не только гением науки, но и гением революции, которая означала реша-

ющие перемены не только для нашей страны, но и для всего мира.

Все, кто имел счастье встречаться с Владимиром Ильичом и принимать то или иное участие непосредственно в его работе, не могли не поражаться той энергии, которую он затрачивал на глубокое ознакомление с нуждами и чаяниями всего громадного массива трудящихся. Никто не мог сравняться с ним в умении бесстрашно заглянуть в лицо действительности, называть своими именами самые неприглядные вещи. Припоминаю, как в одном из разговоров со мной он энергично подчеркивал необходимость борьбы с тремя особенно злостными врагами, дававшими себя знать, главным образом, в начальный период нашего государственного строительства. Он дал этим врагам такие меткие, столь характерные для бросков его мысли, определения: «бюрократизм, хаос, ляпанье».

Но бесстрашие исследовательской мысли Владимира Ильича сочеталось с проникновенной чуткостью к народной страде.

Легко понять, что эта установка давала ему самому возможность тесной связи с самыми широкими массами трудящихся. Сколько раз на моих глазах разнообразные посетители кремлевского кабинета Владимира Ильича находили в нем особенно внимательного слушателя их заявок и, по памятным словам Н. К. Крупской, не надменного учителя, а верного друга и заботливого товарища.

В его литературном наследстве даны драгоценные указания относительно того, как надо идти в государственных исканиях, терпеливо и внимательно учитывая фактический опыт миллионов масс самих трудящихся, внимательно учитывая их собственную творческую мысль. И как характерно, что сама идея советской власти выдвинута Владимиром Ильичом на основании его проникновенного ознакомления с опытом созидания этой власти на местах.

Легко себе представить, какими запросами и наказами забросал бы Ленин современных работников науки и техники, если бы он мог слышать их рапорты о нынешних достижениях.

Как радовался бы он, если бы мог воочию видеть, как целиком оправдались, например, те расчеты, которые связаны с его первенцем — планом ГОЭЛРО, как быстро этот план был выполнен и перевыполнен.

Как ключом забила бы творческая мысль Ленина, если бы он мог услышать о нынешних сдвигах в науке и в электро-

⁶ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 40, с. 62—63.

энергетике, например о возможности передачи колоссальных масс электроэнергии по высоковольтным линиям постоянных и переменных токов. Сколько раз в былые дни он сетовал, что мы при тогдашних возможностях ограничивались передачей электроэнергии на какие-нибудь 200 км и требовал быстрее преодолеть эти границы. Как порадовался бы он, услышав, что осуществляются великие стройки на его родной Волге, что дело идет уже о передаче электроэнергии на расстояние в 1000 км при напряжении в 400 тыс. вольт, кстати сказать, являющемся наиболее крупным в мире. Постоянный ток, вновь идущий на смену трехфазного тока, практически уже не страшится передач на тысячу километров.

Сетям высоковольтных электропередач сейчас уже явно тесно в пределах отдельных стран, они уже стремятся, как это предвидел и Владимир Ильич, охватить целые континенты. Но те полноценные энергетические системы, которые мы намеряем к сооружению в последнее время, открывают такие возможности для нашей борьбы со всеми стихиями природы, о которых во времена Владимира Ильича еще нельзя было и подозревать.

Как порадовался бы он, если бы слышал, какие массы тракторов и самых разнообразных сельскохозяйственных машин посылаем мы, например, в наши дни на целинные земли и как воплощаются его надежды на электроплуг и вообще на создание такой системы сельскохозяйственных машин, которая поможет покончить с еще имеющимися у нас существенными различиями между городом и деревней.

Мне припоминается, как Владимир Ильич требовал от статистиков, чтобы они поближе стояли к практическим нуждам, чтобы в задуманном великом социалисти-

ческом строительстве они были нашими действительными помощниками. Но как скромна была в то время счетная техника и как порадовался бы Владимир Ильич, если бы он узнал про возможности нынешней электронной автоматики. Ведь в советской счетной технике, с ее нынешними ставками на полупроводники, уже создаются такие счетные машины, каждая из которых заменяет десятки тысяч счетчиков! И, конечно, ему было бы особенно радостно слышать о том, что именно наша страна заняла первое место по использованию могучей ядерной энергии для мирных целей.

Весь мир видит, что во главе великого освободительного движения идет наша Родина, которая дала миру гения науки и революции — Ленина, а ныне роднит с идеями, исходящими от этого гения, все человечество. И это происходит как раз потому, что он является носителем таких идей и идеалов, которые «касаются всех, они всем нужны, они существуют не для избранных, не для того или другого сословия, но для целого народа, а через него и для всего человечества».

В трудный 1919 год не раз приходилось мне задавать Владимиру Ильичу вопрос о шансах нашей победы над сонмом врагов. И сколько раз поражал он меня своей бодрой уверенностью в несокрушимости наших позиций, своей верой в исполинские силы нашего народа. И с каким бы правом Ленин мог бы нам сказать теперь с обычным милым прищуром своих острых глаз и с веселыми искорками в их зоркой глубине:

«Ну что, товарищи, не прав ли я был в своей ставке на удивительные свойства нашего народа. Весь мир теперь видит, что этот народ выстоит, выдержит, сломит все препятствия, победит».

ПРИРОДА

1947, № 10

СОВЕТСКАЯ НАУКА (К 30-летию Великого Октября)

С. И. Вавилов

Президент Академии наук СССР



Сергей Иванович Вавилов (1891—1951), крупнейший советский физик, государственный и общественный деятель, академик (с 1932 г.), президент АН СССР (с 1945 г.). Разрабатывал вопросы физической оптики, особенно природы люминесценции, один из основателей нелинейной оптики. С. И. Вавилов — создатель большой школы физиков. С 1932 г. директор Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. В 1932—1945 гг. — научный руководитель Государственного оптического института. Лауреат Государственных премий (1943, 1946 и 1951, посмертно).

С. И. Вавилов уделял большое внимание вопросам философии естествознания и истории науки, пропаганде научных знаний. Он — один из инициаторов создания (1947) Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний (ныне общество «Знание») и его первый председатель. С 1933 г. руководил Комиссией АН СССР по изданию научно-популярной литературы, был членом редколлегии ряда научных и научно-популярных журналов, одним из руководителей энциклопедического дела в СССР, главным редактором (с 1949 г.) 2-го издания БСЭ.

В течение почти всей своей научной деятельности С. И. Вавилов — постоянный автор, а с 1936 г. — председатель редакционной коллегии журнала «Природа» (в конце статьи мы приводим список основных статей С. И. Вавилова, опубликованных в «Природе»).

Данная статья открывает юбилейный номер журнала (1947, № 10), посвященный 30-летию Великой Октябрьской социалистической революции.

СОВЕТСКИЙ СОЮЗ получил от революционной России значительное научное наследство: отдельные замечательные достижения прошлого, кадры, научные учреждения, высшие школы. Это наследство и составило основу, на которой за 30 лет выросла современная большая и весьма дифференцированная советская наука. Превращение старой науки в советскую вовсе не было процессом только количественного роста. В содержании науки, в ее направленности, в идеологии, в ее положении в государственной жизни произошли принципиальные изменения.

Русская наука за 200 лет дала много результатов исключительного значения. В России родилась неевклидова геометрия. В России открыт необычайный по плодотворности великий химический периодический закон. Органическая химия в своих основах выросла в значительной мере на работах русских ученых. В России возникло и широко развилось современное учение о высшей нервной деятельности. Многие технические области обязаны основными этапами русской науке. Первые электрические источники света, вольтова дуга, лампочка накаливания изобретены в России. Несомненен приоритет России в открытии радио. Велик вклад русской науки в научные основы аэродинамики и авиации.

Несмотря на эти первоклассные результаты русской науки, она не оказывала большого влияния на развитие своей страны. Русские ученые в большинстве случаев работали изолированно в очень трудных условиях, без учеников, отсутствовали школы, не было традиций. Объем исследовательской работы, даже по основным дисциплинам, был очень небольшим и ограниченным. В виде примера можно привести физику. Почти все исследования в области этой науки печатались в единственном журнале, в физическом отделе «Журнала Русского физико-химического общества». Общий объем научной части журнала составлял за год всего около 30 печатных листов. Число подписчиков не превышало 200. Среди этих подписчиков большей частью были преподаватели физики средней школы. Физика вовсе не была исключением. Приблизительно таково же было положение дела и в других основных науках. Причиной такого состояния науки в России было традиционное пренебрежение к отечественной науке со стороны царского правительства. К ученым с давних пор установилось подозрительное отношение, как к идеологическим противникам «основ» государственного строя. Наука

«терпелась» как необходимая принадлежность современного государства, но помощь от науки для промышленности и других практических областей царское правительство привыкло и предпочитало получать с Запада.

Дореволюционная наука очень редко имела отношение к практическим запросам, в частности к промышленности. Отдельные ученые делали попытки покончить с этим. Академик М. С. Якоби, изобретатель гальванопластики, некоторых видов телеграфа, электрических моторных лодок, электрических мин, положил много усилий, чтобы связать свою работу с тогдашними ведомствами и промышленностью, но эти связи все же оказывались временными, эпизодическими и случайными. Очень большое внимание нуждам промышленности уделял Д. И. Менделеев, но и у него в большинстве случаев связь ограничивалась отдельными консультациями. Инженерно-технические работы в массе велись на основе существовавших стандартов, главным образом заграничных. Исследовательская работа в области техники считалась чужеродным элементом в инженерном деле.

Великая Октябрьская пролетарская революция провела резкую черту в истории русской науки. Для молодой советской страны, для победившей революции высокоразвитая и широкая наука, органически связанная с жизнью государства, стала необходимым условием существования и развития. Сама социалистическая революция шла под знаменем научной теории, великого социалистического учения Маркса — Энгельса — Ленина. Эта научная теория полагалась в основу дальнейшего развития государства. Впервые в истории мира государство начинало строиться на научной основе.

Вместе с тем очень большое значение с первых же шагов советского государства приобретали естествознание и техника. Надо было в кратчайший срок покончить с нищетой, доставшейся в наследство от царской России. Необходимо было всеми мерами повысить производительные силы страны и средства производства. Для этого надо было намного глубже, чем раньше, изучить производительные силы страны, поднять и дифференцировать промышленность, принять ряд срочных мер к интенсификации сельского хозяйства. Для всего этого требовалась наука в значительно большем масштабе и разнообразии, чем наука, существовавшая в дореволюционной России. Советская социалистическая страна с первых же месяцев своего существо-

вания оказалась окруженной враждебным капиталистическим миром. Нужно было обороняться против сильного врага, для чего требовалась современная военная техника: Отечественная наука должна была безотлагательно всеми своими силами мобилизоваться на службу государству.

Несмотря на очень тяжелые условия первых советских лет, хозяйственную разруху и гражданскую войну, партия и советское правительство не жалели средств на подъем науки и техники в стране. Это выразилось в очень быстрой организации длинного ряда новых, больших отраслевых институтов по различным разделам науки и техники. В первые годы после Октября в Москве были организованы: Физический институт, Химический институт им. Карпова, Центральный аэрогидродинамический институт, Всесоюзный электротехнический институт и многие другие научные учреждения; в Петрограде в то же время были организованы: Физико-технический институт, Государственный оптический институт, Радиовый институт и другие. Эти новые исследовательские центры глубоко отличались по своему характеру от дореволюционных научных учреждений. Их основная цель состояла в помощи промышленности и государству.

В отличие от того, что имела дореволюционная Россия, в этих институтах удалось в очень короткий срок собрать большие коллективы научных специалистов, многие из которых воспитывались тут же, в стенах самих институтов, учась на конкретной исследовательской работе. Метод коллективной научной работы, очень редко практиковавшийся до революции, получил широкое распространение в советской стране и позволил разрешать задачи, которые еще недавно казались недоступными для дореволюционных научных учреждений, в которых работали ученые-одиночки. Новые институты отличались от маленьких лабораторий старой России также своим большим разнообразным научным оборудованием. Советская власть предоставила науке невиданные раньше материальные средства.

Единственное дореволюционное русское учреждение, имевшее своей основной задачей научное исследование, Академия наук также очень быстро в новых условиях стала менять характер своей работы, направляя ее, главным образом, на запросы государства. Сохранился замечательный исторический документ, собственноручный набросок плана научно-технических работ для Академии наук, написанный В. И. Лениным. В этом наброске перечислен ряд

важных задач, которые следовало поручить Академии.

В наброске предполагалось: «Образовать ряд комиссий из специалистов для возможно более быстрого составления плана реорганизации промышленности и экономического подъема России»¹.

В краткой форме в записке указывались и основные черты этого плана: «Рациональное размещение промышленности в России с точки зрения близости сырья и возможности наименьшей потери труда при переходе от обработки сырья ко всем последовательным стадиям обработки полуфабрикатов вплоть до получения готового продукта.

Рациональное, с точки зрения новейшей наиболее крупной промышленности и особенно трестов, слияние и сосредоточение производства в немногих крупных предприятиях»².

Далее в плане предполагалось обратить особое внимание на электрификацию промышленности и транспорта и применение электричества к земледелию, на использование непервоклассных сортов топлива. В конце наброска отмечалась необходимость использования водных сил и ветряных двигателей.

Академия наук быстро включилась в разрешение различных народнохозяйственных задач. На основании имевшихся в распоряжении Академии материалов составлялись этнографические сводки и карты, работала комиссия по упрощению правописания русского языка, по реформе календаря. В разгар гражданской войны Академия организовала большую экспедицию в район Курска по обследованию известной Курской магнитной аномалии. Несмотря на очень тяжелую обстановку, была проведена обширная и весьма тщательная работа и составлены подробные магнитные и гравитационные карты, которые позволили в дальнейшем обнаружить громадные залежи железных руд в этом районе. Энергичную деятельность проявляли многочисленные отделы большого нового академического учреждения — Комиссии естественных производительных сил.

Эти отделы послужили в ряде случаев основой для создания новых специальных институтов (Оптического, Платинового, Института физико-химического анализа,

¹ Ленин В. И. Поли. собр. соч., т. 36, с. 228.

² Там же.

Радиового института и т. д.) и, кроме того, решали конкретные технические задачи.

Животворный импульс, полученный в первые годы новой революционной эпохи, позволил за короткое время советской науке чрезвычайно вырасти, укрепиться и дать ряд научно-технических результатов перво-степенной важности.

Еще большее значение наука стала приобретать для государства в эпоху пятилеток. Ее характер изменился к этому времени еще в одном важном отношении. В резонанс с плановым строем народного хозяйства советская наука также стала плановой.

Идее планирования в науке пришлось пробивать себе дорогу с немалой борьбой. Многим ученым научное планирование в начале казалось противоречащим творческому духу непрерывно растущей и изменяющейся науки.

Указывалось на то, что все великие открытия делались без плана, что нельзя было планировать создание теории естественного отбора Дарвина, Периодической системы Менделеева и т. д. Оппоненты планирования забывали, однако, наиболее характерное и важное свойство настоящей науки, свойство предвидения.

Действительно, нельзя было планировать открытие Дарвина и открытие Менделеева, но зато сами эти открытия, теория естественного отбора и периодический закон химических элементов, открывали перед наукой и техникой безграничные перспективы. С высот таких теорий и законов перед исследователем и инженером открываются далеко вперед вполне реальные горизонты будущего развития науки и техники. Биология до сего времени развивается по линиям, предусмотренным Дарвином, химия до сих пор во многом растет по схеме, открывшейся в Периодической системе элементов. Несомненно, что современное физическое учение о строении атома, о структуре атомного ядра освещает, как прожектором, некоторые пути развития физики вперед на многие годы. Еще в начале нашего века после первых удачных авиационных опытов можно было с несомненностью предвидеть будущее развитие авиации и многое (включая реактивные самолеты) планировать на будущее.

В настоящее время эти простые соображения вполне освоены советскими учеными, но против них еще спорят кое-где в капиталистическом мире. Известная доля такого непонимания и упрямства кроется в сугубо индивидуалистическом взгляде на науку в капиталистическом мире. Трудно

планировать «частную инициативу», «частное дело». Полный и убежденный переход советской науки на плановую систему есть выражение ее особого, советского, социалистического коллективного характера.

С практической точки зрения самым главным достижением такой планированной советской науки, за годы пятилеток была, если можно так выразиться, комплекция нашей науки. Дореволюционная русская наука славилась именами отдельных блестящих ученых, но фронт науки был неполный и прерывистый. Очень большое число научных и технических областей, притом иногда весьма значительных, не было представлено. В этих случаях необходимо было постоянно обращаться за иностранной помощью, которая давалась, но дорогой ценой. Ограничусь одним примером. Накануне первой мировой войны Россия почти не имела специалистов по оптическим приборам, военным и гражданским. Оптическая промышленность в России в те времена состояла из нескольких мастерских, организованных в Петербурге представителями иностранных оптических фирм. В новых условиях, меньше чем за 15 советских лет, в стране были подготовлены большие научно-исследовательские кадры по всем разделам оптики, теоретической и практической. Появились собственные крупные специалисты по расчету оптических систем и конструкторы. Была решена очень трудная техническая задача развития технологии производства оптического стекла разнообразных сортов и высокого качества. На этой основе быстро возникла обширная оптико-механическая промышленность, производящая все виды необходимых для страны оптических приборов; СССР давно прекратил ввоз оптических приборов и оптического стекла из-за границы. Отечественная оптика вполне оправдала себя на полях сражений в годы Великой Отечественной войны.

Это один пример заполнения научно-технического фронта на одном участке, но этот фронт за годы пятилеток заполнился почти всюду. Советская страна достигла непрерывного научного фронта, в ней воспитывались специалисты всех главных необходимых отраслей науки и техники. Страна впервые за всю свою историю стала свободной от иностранной зависимости в области науки. Такой результат во многом помог выполнению трех пятилетних планов и великой победе Красной Армии.

Одновременно с заполнением дефицитных научных специальностей поднималось и качество научно-технической работы.

Рост и успехи советской науки можно представить в виде длинного ряда отдельных важных достижений в самых разнообразных областях знания, техники, изобретательства и рационализации производства. 6 знаменательных списков лауреатов Сталинских премий за научно-технические работы последних лет содержат громадный материал для суждения об отдельных успехах в различных областях знаний. В этих списках находятся имена ученых, прокладывающих новые пути в области теории и углубленного исследования природы и общества. Рядом с ними названы инженеры и конструкторы, давшие стране новые самолеты, автомашины, радиостанции, новую технологию производства. Вместе с учеными и инженерами в списках лауреатов стоят имена новаторов производства, передовых рабочих и крестьян, давших блестящие образцы организации производства в цехах и на колхозных полях. В таком единении специалистов-ученых и мастеров практической работы — новая замечательная особенность советской науки.

Это наука — народная, потому что она целиком и полностью служит народу и потому также, что она открыта для народа. Это та наука, которая добровольно и охотно открывает все двери молодым силам нашей страны и дает им возможность завоевать вершины знания.

Однако у отдельных выделяющихся достижений нашей науки и техники имеется еще непрерывный фронт — работа, выполненная десятком тысяч молодых ученых и инженеров. В результате этой работы удалось разобрать и решить бесчисленные детали многочисленных задач, выдвигавшихся в советские годы промышленностью, сельским хозяйством и военным делом. Эта, на первый взгляд, мало заметная работа целой армии научных специалистов, в сущности, и обеспечила советской науке ее гибкость, ее приспособленность к решению задач, выдвигавшихся государством в годы пятилеток и в грозные годы Великой Отечественной войны.

К 30-летней годовщине Советской власти наша наука стала чрезвычайно большой, сильной, разнообразной и идет

нога в ногу с запросами советского государства и народного хозяйства. В этом и состоит одна из ее особенностей, резко отличающая старую науку от новой...

Наша наука сейчас сильна, и она еще нужнее стране, чем раньше. Перед нами увлекательный, но и трудный путь к коммунизму, на котором советская наука потребует в полной мере.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ С. И. ВАВИЛОВА В «ПРИРОДЕ»

ФИЗИКА В РОССИИ И В СССР. 1932, № 11—12.

В. И. ЛЕНИН И ФИЗИКА. 1934, № 1.

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ГАШЕНИЯ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ. 1935, № 12.

СОВЕТСКАЯ ФИЗИКА НА МАРТОВСКОЙ СЕССИИ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1936, № 5.

ОПТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ И ВОЗЗРЕНИЯ М. В. ЛОМОНОСОВА (к 225-летию со дня рождения). 1936, № 12.

СОВЕТСКАЯ ФИЗИКА — НАУКА МОЛОДЕЖИ. 1938, № 10.

ДВАДЦАТЬ ЛЕТ РАБОТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОПТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА. 1939, № 2.

ГЛАВНЫЕ ПУТИ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ. 1941, № 5.

ОБ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПРОЦЕССАХ ИЗЛУЧЕНИЯ И ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА. 1945, № 4.

СОВЕТСКАЯ НАУКА НА СЛУЖБЕ РОДИНЫ. 1946, № 1.

О ПУТЯХ РАЗВИТИЯ СОВЕТСКОЙ НАУКИ. 1946, № 2.

ВОСЕМЬ ВЕКОВ ИСТОРИИ МОСКВЫ. 1947, № 10.

УРОКИ ПРОШЛОГО И ПЕРСПЕКТИВЫ УЧЕНИЯ О ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ. 1948, № 12.

1932, № 11—12

ФИЗИОЛОГИЯ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ¹

И. П. Павлов



Иван Петрович Павлов (1849—1936), крупнейший физиолог, академик (с 1907 г.), основатель советской физиологической школы, с 1925 г. до конца жизни руководил Институтом физиологии АН СССР. Один из создателей учения о высшей нервной деятельности. Научное творчество И. П. Павлова оказало революционизирующее влияние на представления того времени о кровообращении и пищеварении. За многолетние исследования механизмов пищеварения И. П. Павлов был удостоен в 1904 г. Нобелевской премии. Его учение об условных рефлексах послужило фундаментом для последовательного подхода к изучению высших функций мозга животных и человека. Гигантское научное наследие И. П. Павлова в значительной мере определяет облик современной физиологии и медицины, идеи его оказали значительное влияние на развитие терапии, психиатрии и невропатологии.

Публикуемая статья И. П. Павлова [его доклад на XIV Международном физиологическом конгрессе в Риме] о физиологии высшей нервной деятельности являлась итогом его многолетних исследований. В ней изложены некоторые общие соображения о деятельности высшей нервной системы.

В «Природе» была опубликована еще одна статья И. П. Павлова — «Настоящая физиология головного мозга» [1927, № 1].

Я ПОЛАГАЮ, что сейчас имею последний случай выступать перед общим собранием моих коллег и поэтому позволяю себе предложить вашему вниманию общий, наиболее систематизированный и краткий итог моей, вместе с моими дорогими сотрудниками, последней работы, составляющей целую половину всей моей физиологической деятельности, конечно, при этом очень многое повторяя из уже опубликованных материалов. Передаю я этот итог с горячей мечтой о величественном горизонте все более и более открывающемся перед нашей наукой и об ее все углубляющемся влиянии на человеческую натуру и судьбу.

Для анатома и гистолога большие полушария всегда были такою же доступною и осязаемою вещью, как всякий другой орган или другая ткань, т. е. так же обрабатываемой и исследуемой, но, конечно, соответственно их специальным свойствам и конструкции. В совершенно другом положении по отношению к ним стоял физиолог. У каждого органа животного тела, раз его общая роль в организме известна, его реальная работа, условия и механизм ее есть предмет изучения. Относительно больших полушарий известна их роль — это роль органа сложнейших отношений организма с окружающей средой, но физиолог дальше не имел дела с их работой. Для физиолога изучение больших полушарий не начинается с конкретного воспроизведения этой работы, за которым уже следует шаг за шагом анализ условий и механизма работы. У физиолога имеется немало данных о полушариях, но данных, не стоящих в ясной или близкой связи с их ежедневной нормальной работой.

Сейчас, после тридцатилетней напряженной и неустанной работы с моими многочисленными сотрудниками, я беру смелость сказать, что теперь положение дела радикально изменилось, что в настоящее время, оставаясь физиологом, т. е. таким же объективным наблюдателем и исследователем, как и во всей остальной физиологии, мы изучаем нормальную работу больших полушарий и вместе с тем постоянно производим все больший и больший ее анализ, причем признанные критерии всякой истинной научной деятельности: точное предвидение и власть над явлениями —

удостоверяют бесспорную серьезность такого изучения. Это изучение неудержимо стремится вперед без малейших препятствий, перед нами только разворачивается все более и более длинный ряд отношений, составляющий сложнейшую внешнюю деятельность высшего животного организма.

Центральное физиологическое явление в нормальной работе больших полушарий есть то, что мы назвали условным рефлексом. Это есть временная нервная связь бесчисленных агентов окружающей животное среды, воспринимаемых рецепторами данного животного, с определенными деятельностями организма. Это явление психологи называют ассоциацией. Капитальное физиологическое значение этой связи заключается в следующем. У высшего животного, например собаки, служившей объектом для всех наших исследований, главные сложнейшие соотношения организма с внешней средой для сохранения индивидуума и вида прежде всего обуславливаются деятельностью ближайшей к полушариям подкорки, как это давно показано опытом Goltz'a с удалением у собаки больших полушарий. Эти деятельности: искание пищи — пищевая, удаление от вредностей — оборонительная, и др. Они называются обыкновенно инстинктами, влечениями, психологами им присваивается название эмоций, мы их обозначаем физиологическим термином сложнейших безусловных рефлексов. Они существуют со дня рождения и непременно вызываются определенными, но в очень ограниченном числе, раздражениями, достаточными только в раннем детстве при родительском уходе. Последнее обстоятельство есть причина, которая животное без больших полушарий делает инвалидом, неспособным существовать самостоятельно. Основная физиологическая функция больших полушарий, во все время дальнейшего индивидуального существования, и состоит в постоянном присоединении бесчисленных сигнальных условных раздражителей к ограниченному числу первоначальных, прирожденных безусловных раздражителей, иначе говоря, в постоянном дополнении безусловных рефлексов — условными. Таким образом объекты инстинктов дают себя знать организму все в больших и больших районах природы, все более и более разнообразными, как мельчайшими, так и более сложными, знаками, сигналами, и, следовательно, инстинкты все полнее и совершеннее удовлетворяются, т. е. все вернее сохраняется организм среди окружающей природы.

¹ Доклад на общем собрании XIV Международного физиологического конгресса в Риме, прочитанный на немецком языке 2 сентября 1932 г.

Основное условие для образования условного рефлекса есть совпадение во времени один или несколько раз индифферентных раздражителей с безусловными рефлексами. На том же принципе совпадения во времени для животного синтезируются в единицы группы всевозможных агентов, элементов природы, как одновременных, так и последовательных. Таким образом осуществляется синтез вообще.

Но ввиду сложности постоянного движения и колебания явлений природы условный рефлекс тоже естественно должен испытывать изменения, т. е. постоянно коррегироваться. Если условный раздражитель почему-либо при данных условиях не сопровождается своим безусловным, то при повторении он быстро теряет свое действие — но временно, восстанавливаясь сам собою после некоторого срока. Если условный раздражитель постоянно слишком задолго предшествует моменту присоединения безусловного, то его отдаленная часть, как бы преждевременная и нарушающая принцип экономии, оказывается недействительной. Если условный раздражитель постоянно в связи с другим индифферентным раздражителем не сопровождается безусловным, то он в этой комбинации остается без действия. Точно так же, наконец, если близкие, родственные данному образованному условному раздражителю агенты (например, близкие тоны, другие места кожи и т. д.) сначала после выработки первого обыкновенно действуют, то постепенно они лишаются своего действия, если затем повторяются без сопровождения безусловным, без подкрепления, как мы обыкновенно выражаемся. Благодаря всему этому осуществляется дифференцирование, анализ окружающей среды со всеми ее элементами и моментами времени.

В окончательном результате больших полушариями собаки постоянно производится в разнообразнейших степенях как анализирование, так и синтезирование падающих на них раздражений, что можно и должно назвать элементарным, конкретным мышлением. Это мышление, таким образом, обуславливает совершенное приспособление, более тонкое уравнивание организмом окружающей среды.

Эту реальную и самыми общими линиями только что мною очерченную деятельность больших полушарий с ближайшей подкоркой, деятельность, обеспечивающую нормальные сложные отношения целого организма к внешнему миру, законно считать и называть вместо прежнего тер-

мина «психической» — высшей нервной деятельностью, внешним поведением животного, противопоставляя ей деятельность дальнейших отделов головного и спинного мозга, заведующих главным образом соотношениями и интеграцией частей организма между собою под названием низшей нервной деятельности.

Теперь встает вопрос: какими внутренними процессами и по каким законам совершается высшая нервная работа, что в ней общего и особенного сравнительно с низшей нервной работой, бывшею до сих пор преимущественно предметом физиологического исследования?

Основные процессы всей центральной нервной деятельности, очевидно, одни и те же: раздражительный и тормозной. Имеются достаточные основания принимать и тождество основных законов этих процессов — это иррадиирование и концентрирование процессов и их взаимная индукция.

Мне кажется, что опыты с условными рефлексами на больших полушариях в нормальных условиях позволяют формулировать эти законы полнее и точнее, чем это было сделано до сих пор на основании опытов, главным образом проделанных на низших отделах центральной нервной системы и чаще в условиях острого опыта.

Относительно больших полушарий мы можем сказать, что на них констатируется следующее: при слабом напряжении как раздражительного, так и тормозного процессов под действием соответствующих раздражений происходит иррадиирование, растекание процессов из исходного пункта; при среднем — концентрирование, сосредоточивание процессов в пункте приложения раздражения и при очень, чрезвычайно сильном — опять иррадиирование.

Во всей центральной нервной системе на основании иррадиирования раздражительного процесса происходит суммационный рефлекс, суммирование распространяющейся волны раздражения с местным явным или латентным раздражением, в последнем случае обнаруживая скрытый тонус — давно известное явление. В то время как в больших полушариях встреча иррадиированных из разных пунктов волн быстро ведет к образованию временной связи, ассоциации этих пунктов, во всей остальной центральной нервной системе эта встреча остается моментальным скоропреходящим явлением. Возникающая в больших полушариях связь, вероятно, одолжена своим образованием чрезвычайной реактивности и запечатлеваемости в них, являясь

постоянным и характерным свойством этого отдела центральной нервной системы. В больших полушариях, кроме того, иррадиирование раздражительного процесса моментально и на короткое время устраняет, смывает торможение с тормозных, отрицательных пунктов их, делая эти пункты на это время положительно действующими. Это явление мы называем растормаживанием.

При иррадиировании тормозного процесса наблюдается понижение или полное исчезание действия положительных пунктов и усиление действия отрицательных пунктов.

Когда раздражительный и тормозной процессы концентрируются, они индуцируют противоположные процессы (как на периферии во время действия, так и на месте действия по окончании его) — закон взаимной индукции.

На протяжении всей центральной нервной системы при концентрировании раздражительного процесса мы встречаемся с явлением торможения. Пункт концентрации раздражения на большем или меньшем протяжении окружает процессом торможения — явление отрицательной индукции. Это явление обнаруживается на всех рефлексах, происходит сразу полностью, продолжается некоторое время по прекращении раздражения и существует как между мелкими пунктами, так и между большими отделами мозга. Мы называем его внешним, пассивным, безусловным торможением. Это — тоже давно известное явление, иногда под названием борьбы центров.

В больших полушариях, кроме того, мы имеем еще другие виды или случаи торможения, вероятно, однако же с одним и тем же физико-химическим субстратом. Это, во-первых, то торможение, которым производится коррегирование условных рефлексов, упомянутое выше, и возникающее, когда условный раздражитель при указанных там условиях не сопровождается своим безусловным раздражителем. Оно постепенно нарастает, усиливается и может тренироваться, совершенствоваться; и все это опять-таки благодаря совершенно исключительной реактивности корковых клеток, а отсюда и особенной лабильности торможения в них. Мы называем это торможение внутренним, активным, условным. Раздражителей, превращающихся, таким образом, в постоянных возбудителей тормозного состояния в пунктах больших полушарий, мы называем тормозными, отрицательными. Такие же тормозные раздражители можно

получить и иначе, если применять повторно индифферентные раздражители во время тормозного состояния больших полушарий (опыты проф. Г. В. Фольборта). Первичные тормозные рефлексy, как известно, получаютy, и в низших отделах головного мозга, а также и в спинном мозгу; но они обнаруживаются здесь сразу, будучи готовыми, стереотипными, а те же тормозные рефлексy полушарий мы всегда наблюдаем постепенно возникающими, в процессе образования.

В больших полушариях есть еще случай торможения. Как правило, при всех прочих равных условиях, эффект условного раздражения держится параллельно интенсивности физической силы раздражителя, но до известной границы вверх (может быть, и вниз). За этой верхней границей эффект не становится больше, но или остается без изменения, или уменьшается. Мы имеем основание думать, что за этой границей раздражитель вместе с раздражительным процессом вызывает и тормозной. Факт толкуется нами так. У корковой клетки есть предел работоспособности, за которым, предупреждая чрезмерное функциональное израсходование ее, выступает торможение. Предел работоспособности не есть постоянная величина, но изменяющаяся как остро, так и хронически: при истощении, при гипнозе, при заболевании и при старости. Это торможение, которое можно было бы назвать запредельным, иногда выступает сразу, иногда же обнаруживается только при повторении сверхмаксимальных раздражений. Надо принимать, что этому торможению находится аналог и в низших отделах центральной нервной системы.

Можно бы думать, что своеобразное внутреннее торможение есть тоже запредельное торможение, причем интенсивность раздражения как бы заменяется его продолжительностью.

Всякое торможение так же иррадирует, как и раздражение, но на больших полушариях движение внутреннего торможения особенно резко выступает и чрезвычайно легко наблюдается в разных формах и степенях.

Не может подлежать сомнению, что торможение, распространяясь и углубляясь, образует разные степени гипнотического состояния и при максимальном распространении вниз из больших полушарий по головному мозгу производит нормальный сон. Обращает на себя особенное внимание даже на наших собаках разнообразие и многочисленность стадий гипноза, в своем нача-

ле даже почти неотличимого от бодрого состояния. Из этих стадий в отношении интенсивности торможения заслуживают упоминания так называемые уравнительная, парадоксальная и ультрапарадоксальная фазы. Теперь условные раздражители разной физической силы дают или равные эффекты, или даже обратные силе, а в редких случаях действуют положительно только тормозные раздражители, а положительные превращаются в тормозные. В отношении экстенсивности торможения наблюдаются функциональные диссоциации как в самой коре, так и между нею и нижележащими частями мозга. В коре особенно часто изолируется двигательная область от остальных, а также и в самой этой области иногда отчетливо выступает функциональное разъединение.

К сожалению, этим фактам быть общепризнанными и надлежаще утилизированными для понимания массы физиологических и патологических явлений мешает, так сказать, соперничество так называемого «центра сна» клиницистов и некоторых экспериментаторов. Однако нетрудно те и другие факты примирить, соединить. Сон имеет два способа происхождения: распространение торможения из коры и ограничение раздражений, поступающих в высшие отделы головного мозга как извне, так и изнутри организма. Strümpel давно на известном больном произвел сон резким ограничением внешних раздражений. В последнее время проф. А. Д. Сперанский и д-р Вс. С. Галкин на собаках периферическим разрушением обонятельного, звукового и зрительного рецепторов достигли глубочайшего и хронического (в течение недель и месяцев) сна. Точно так же при патологическом или экспериментальном выключении раздражений, постоянно текущих в высший отдел головного мозга, благодаря вегетативной деятельности организма, наступает утрированный, более или менее глубокий и хронический сон. Можно признать, что и в некоторых из этих случаев сон в последней инстанции производится тем же торможением, которое получает перевес при ограничении раздражений.

Точно так же, как при концентрировании раздражительного процесса, и при концентрировании тормозного начинает действовать закон взаимной индукции. Пункт концентрации торможения на большем или меньшем протяжении окружается процессом повышенной возбудимости — явление положительной индукции. Повышенная возбудимость возникает или сейчас же, или нарастает постепенно и су-

ществует не только во время продолжающегося торможения, но и некоторое время потом, иногда довольно значительное. Положительная индукция обнаруживается как между мелкими пунктами коры при дробном торможении, так и между большими отделами мозга при более разлитом торможении.

Постоянным действием изложенных законов мы уясняем себе механизм происхождения массы отдельных явлений (между ними многих своеобразных, на первый взгляд загадочных) высшей нервной деятельности, останавливаясь на которых я, однако, здесь лишен возможности. Для примера приведу только один случай из группы долго оставшихся совершенно непонятными. Он касается сложного влияния посторонних раздражителей на запаздывающий условный рефлекс (давние опыты нашего сотрудника д-ра И. В. Завадского).

Вырабатывается запаздывающий условный рефлекс, причем условный раздражитель постоянно продолжается три минуты, прежде чем к нему присоединяется безусловный. Когда такой рефлекс готов, в первую минуту никакого видимого действия условного раздражителя нет, во вторую оно начинается только к середине или к концу ее, и максимальный эффект обнаруживается только в третью минуту. Таким образом, условный рефлекс состоит из двух внешних фаз: недеятельной и деятельной. Специальными опытами, однако, устанавливается, что первая фаза не нулевая, а тормозная.

Теперь, если одновременно с условным раздражителем применяются посторонние раздражители различной интенсивности, вызывающие только ориентировочную реакцию, то наблюдается ряд изменений в запаздывающем рефлексе. При слабом раздражении недеятельная фаза превращается в деятельную, обнаруживается специальный эффект условного рефлекса; эффект второй фазы или остается без всякого изменения, или немного увеличивается. При более сильном раздражении с первой фазой происходит то же, но эффект деятельной фазы резко уменьшается. При самом сильном раздражении первая фаза снова остается недеятельной, эффект же второй совершенно исчезает. В настоящее время на основании новейших еще неопубликованных опытов нашего сотрудника д-ра В. В. Рикмана мы понимаем все эти явления как результат действия четырех законов: 1) иррадиирования раздражительного процесса, 2) отрицательной индукции, 3) суммирования и 4) предела. Слабый ори-

ентировочный рефлекс распространяющейся волной устраняет торможение первой фазы и скоро, при своем продолжении почти исчезающей, или оставляет вторую фазу совсем без влияния, или вследствие небольшого суммирования слегка ее усиливает. При более значительном ориентировочном рефлексе эффект его держится более долго, а потому вместе с растормаживанием первой фазы, благодаря значительному суммированию деятельной фазы условного рефлекса с иррадиировавшей волной ориентировочного рефлекса, возникает запредельное торможение в последней минуте запаздывающего рефлекса. Наконец, при очень сильном ориентировочном рефлексе наступает полное его концентрирование с сильной отрицательной индукцией, складывающейся с торможением первой фазы и уничтожающей деятельную фазу.

Несмотря на множество изученных нами частных отношений между раздражительным и тормозным процессами, общий закон связи этих процессов до сих пор упорно не поддается точной формуловке. Что же касается глубокого механизма того и другого процесса, то очень многое из нашего экспериментального материала склоняет к принятию, что тормозной процесс, вероятно, стоит в связи с ассимиляцией, как раздражительный процесс, само собою разумеется, связан с диссимиляцией.

Что касается так называемых произвольных, волевых движений, то и здесь есть у нас некоторый материал. Мы, в согласии с некоторыми ранними исследованиями, показали, что двигательная область коры есть прежде всего рецепторная, такая же, как и остальные области: зрительная, звуковая и другие, так как из пассивных движений животного, т. е. из кинестетических раздражений этой области мы могли сделать такие же условные раздражители, как и из всех внешних раздражений. Затем обыденный факт, воспроизведенный нами и в лаборатории, — это образование временной связи из всяких внешних раздражений с пассивными движениями и получение таким образом на известные сигналы определенных активных движений животного. Но остается совершенно невыясненным, каким образом кинестетическое раздражение связано с соответствующим ему двигательным актом: безусловно или условно? Вне этого конечного пункта весь механизм волевого движения есть условный, ассоциативный процесс, подчиняющийся всем описанным законам высшей нервной деятельности.

На большие полушария беспрерывно падают бесчисленные раздражения как из внешнего мира, так и из внутренней среды самого организма. Они проводятся с периферии по особым и многочисленным путям и, следовательно, в мозговой массе прежде всего попадают также в определенные пункты и районы. Мы имеем, таким образом, перед собою, во-первых, сложнейшую конструкцию, мозаику. По проводящим путям направляются в кору бесчисленно-различные положительные процессы, к ним в самой коре присоединяются тормозные процессы. А из каждого отдельного состояния корковых клеток (а этих состояний, следовательно, тоже бесчисленное множество), может образоваться особый условный раздражитель, как это мы постоянно видим на, всем протяжении нашего исследования условных рефлексов. Все это встречается, сталкивается и должно складываться, систематизироваться. Перед нами, следовательно, во-вторых, грандиозная динамическая система. И мы на наших условных рефлексах у нормального животного наблюдаем и изучаем это беспрерывное систематизирование процессов, можно бы сказать, беспрерывное стремление к динамическому стереотипу. Вот резкий факт, сюда относящийся. Если мы у животного образовали ряд условных рефлексов положительных из раздражителей разной интенсивности, а также и тормозных и применяем их некоторое время изо дня в день с определенными одинаковыми промежутками между раздражителями и всегда в определенном порядке, мы этим устанавливаем в полушариях стереотип процессов. Это легко демонстрируется. Если теперь в течение всего опыта повторять только один из положительных условных раздражителей (лучше из слабых) через одинаковые промежутки, то он один воспроизведет в правильной смене колебания величины эффектов, как их представляла вся система разных раздражителей в наличности.

Не только установка, но и более или менее продолжительная поддержка динамического стереотипа есть серьезный нервный труд, разный, смотря по сложности стереотипа и индивидуальности животного. Есть, конечно, такие нервные задачи, которые и нервно-сильными животными решаются только после мучительных усилий. Другие животные на всякую простую перемену системы условных рефлексов, как введение нового раздражителя или только некоторое перемещение старых раздражителей, реагируют потерей всей условно-рефлекторной деятельности и иногда в те-

чение значительного времени. Некоторые животные могут удерживать правильную систему только при перерывах в опытах, т. е. после известного отдыха. И; наконец, иные работают регулярно только при очень упрощенной системе рефлексов, состоящей, например, из двух раздражителей, притом положительных и одинаковой интенсивности.

Нужно думать, что нервные процессы полушарий при установке и поддержке динамического стереотипа есть то, что обыкновенно называется чувствами в их двух основных категориях: положительной и отрицательной, и в их огромной градации интенсивностей. Процессы установки стереотипа, довершения установки, поддержки стереотипа и нарушений его и есть субъективно разнообразные положительные и отрицательные чувства, что всегда и было видно в двигательных реакциях животного.

Вся наша работа постепенно привела нас к установке разных типов нервной системы у наших животных. Так как большие полушария есть реактивнейшая и верховная часть центральной нервной системы, то индивидуальные свойства их, естественно, и должны главнейшим образом определять основной характер общей деятельности каждого животного. Наша систематизация типов совпала с древней классификацией так называемых темпераментов. Существует тип с сильным раздражительным процессом, но относительно слабым тормозным. Животные этого типа агрессивны, несдержанны. Мы называем этих животных сильными и возбудимыми, холериками. За ним следует тип сильных и вместе уравновешенных животных, у которых оба процесса стоят на равной высоте. Это легко дисциплинируемый и в высшей степени деловой тип; он встречается в виде двух вариаций: спокойных, солидных и подвижных, оживленных животных. Мы называем их соответственно — флегматиками и сангвиниками. И, наконец, слабый тормозимый тип, у которого оба процесса слабы. Мы называем этих животных слабыми, тормозимыми; тормозимыми потому, что они чрезвычайно легко поддаются внешнему торможению. Они трусливы и суетливы. К ним можно бы приложить и название меланхоликов, раз их постоянно и все устрашает.

Что наше исследование высшей нервной деятельности идет по верному пути, что мы точно констатируем явления, ее составляющие, и что мы правильно анализируем ее механизм — самым ярким образом

доказывается тем, что мы теперь можем во многих случаях функционально производить с большою точностью хронические патологические ее состояния и вместе с тем потом, по желанию, восстанавливать норму. Мы знаем, какого типа животных и каким образом мы можем легко сделать невротиками и какие при этом произойдут заболевания. Поставщиками наших экспериментальных неврозов оказываются сильный, но неуравновешенный, возбудимый и слабый тормозимый типы. Если возбудимому животному настойчиво предлагаются задачи, для которых нужно сильное торможение, то оно почти совсем его теряет, лишается способности корректировать условные рефлексy, т. е. перестает анализировать, различать падающие на него раздражения и моменты времени. Раздражения из сильнейших агентов на них вредного патологического действия не оказывают. Слабый тормозимый тип одинаково легко заблуждается как от небольшого напряжения торможения, так и от очень сильных раздражителей, или совершенно прекращая условно-рефлекторную деятельность в обстановке наших опытов, или представляя ее в хаотическом виде. Животных уравновешенного типа нам не удалось сделать нервнoболыными даже столкновением противоположных процессов, что представляет собою особенно болезнетворный прием.

Вернейшим лечебным средством против неврозов, в согласии с человеческой клиникой, оказался бром, который, по нашим многочисленным и поучительным во многих отношениях опытам, имеет специальное отношение к тормозному процессу, резко его тонизируя. Но необходима точная его дозировка, для слабого типа в 5—8 раз меньше, чем для сильного. Также часто хорошо помогает отдых, перерыв в опытах.

Между животными слабого типа часто встречаются готовые невротики.

Мы имеем уже и даже производим отдельные симптомы и психотиков: стереотипию, негативизм и циркулярность.

Ознакомившись в течение истекшего года специально с клиникой человеческой истерии, которая считается душевною болезнью целиком или преимущественно, психогенной реакцией на окружающее, я пришел к убеждению, что ее симптомология без натяжки может быть понимаема физиологически, с точки зрения изложенной физиологии высшей нервной деятельности, и позволил себе это высказать печатно². Только для некоторых пунктов этой симптоматики пришлось сделать догадку отно-

сительно той прибавки, которую нужно принять, чтобы в общем виде представить себе и человеческую высшую нервную деятельность. Эта прибавка касается речевой функции, внесшей новый принцип в деятельность больших полушарий. Если наши ощущения и представления, относящиеся к окружающему миру, есть для нас первые сигналы действительности, конкретные сигналы, то речь, специально прежде всего кинестезические раздражения, идущие в кору от речевых органов, есть вторые сигналы, сигналы сигналов. Они представляют собою отвлечение от действительности и допускают обобщение, что и составляет наше лишнее, специально человеческое, высшее мышление, создающее сперва общечеловеческий эмпиризм, а наконец и науку — орудие высшей ориентировки человека в окружающем мире и в нем самом. Чрезвычайная фантастичность и сумеречные состояния истериков, а также сновидения всех людей и есть оживление первых сигналов с их образностью, конкретностью, а также и эмоций, когда только что начинающимся гипнотическим состоянием выключается прежде всего орган системы вторых сигналов, как реактивнейшая часть головного мозга, всегда преимущественно работающая в бодром состоянии и регулирующая и вместе с тем тормозящая до известной степени как первые сигналы, так и эмоциональную деятельность.

Вероятно, лобные доли и есть орган этого прибавочного чисто человеческого мышления, для которого, однако, общие

законы высшей нервной деятельности должны, нужно думать, оставаться одни и те же.

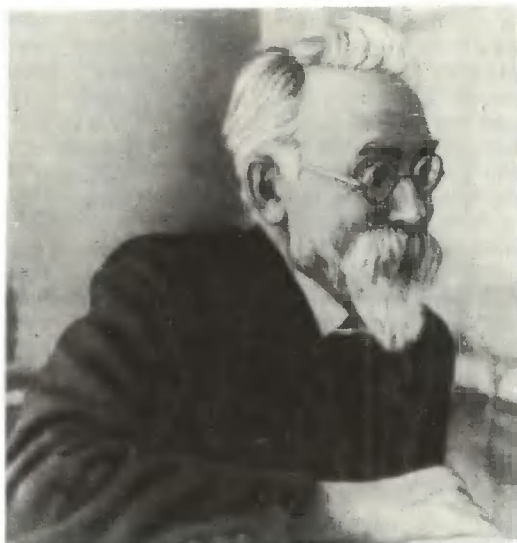
Приведенные факты и основанные на них соображения, очевидно, должны вести к теснейшей связи физиологии с психологией, что и замечается специально в значительной части американской психологии. В речи президента Американской Психологической Ассоциации на 1931 г. Dr. Walter Nunter, даже несмотря на очень большие усилия оратора психолога-бихэвиориста отделить физиологию от его психологии, прямо-таки невозможно усмотреть какую-либо разницу между физиологией и психологией. Но и психологи из небихэвиористского лагеря признают, что наши опыты с условными рефлексами составили, например, большую поддержку учению об ассоциациях психологов. Можно привести и другие подобные случаи.

Я убежден, что приближается важный этап человеческой мысли, когда физиологическое и психологическое, объективное и субъективное действительно сольются, когда фактически разрешится или отпадет естественным путем мучительное противоречие или противопоставление моего сознания моему телу. В самом деле, когда объективное изучение высшего животного, например собаки, дойдет до той степени — а это конечно произойдет, — что физиолог будет обладать абсолютно точным предвидением при всех условиях поведения этого животного, то что останется для самостоятельного, отдельного существования его субъективного состояния, которое, конечно, есть и у него, но свое, как у нас наше. Не превратится ли тогда обязательно для нашей мысли деятельность всякого живого существа до человека включительно в одно нераздельное целое?

² Павлов И. П. Проба физиологического понимания симптомологии истерии. Л., 1932.

ЭВОЛЮЦИЯ ВИДОВ И ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО

В. И. Вернадский



Владимир Иванович Вернадский [1863—1945] — выдающийся естествоиспытатель, минералог и кристаллограф. Основатель геохимии, биогеохимии, радиогеологии и учения о биосфере. Академик [с 1912 г.]. Первый президент АН УССР [с 1919 г.]. Председатель Комиссии по изучению естественных производительных сил России [КЕПС] [1915—1930], из которой выросли многие научно-исследовательские институты. Основатель и директор Государственного радиевого института [1922—1939]. В 1927 г. организовал в АН СССР Отдел живого вещества, преобразованный в 1929 г. в Биогеохимическую лабораторию [был ее директором с 1927 по 1945 г.], ставшую впоследствии Институтом геохимии и аналитической химии АН СССР им. В. И. Вернадского. Лауреат Государственной премии [1943].

Был постоянным сотрудником «Природы» с самого ее основания. Опубликовал на ее страницах множество статей, заметок, рецензий и т. п. Основные публикации В. И. Вернадского мы приводим в конце статьи.

Данная статья опубликована в 1928 г., через 12 лет после начала исследований В. И. Вернадским проблемы живого вещества. К этому времени у ученого оформилось новое понимание роли жизни в истории Земли, возникло стройное учение о биосфере. В исключительно сжатой, местами почти афористической форме В. И. Вернадский излагает здесь свои основные выводы о давлении жизни, биогенной миграции, первом и втором биогеохимическом принципах и т. д. Великий натуралист XX в., он подчеркивает значение геохимического подхода для решения биологических проблем, в том числе таких фундаментальных, как эволюция видов. Связь

биологии с науками о Земле выступает при этом в новом неожиданном свете. Интересны его выводы о геохимическом значении в эволюции жизни появления высших беспозвоночных в начале палеозоя, лесных ландшафтов в середине этой эры, смены голосеменной флоры покрытосеменной в мезозое и т. д. В. И. Вернадский в своей статье неоднократно обращается к очень интересовавшей его проблеме геохимической роли человечества. Он говорит о переходе биосферы в ноосферу. Эти мысли ученого интересны и для современного читателя, особенно в связи с обострившейся в наши дни проблемой окружающей среды.

Некоторые идеи В. И. Вернадского, высказанные в настоящей статье, дискуссионны. Это, в частности, относится к настоятельно подчеркиваемой им неизменности биосферы в течение всего геологического времени. Ученый пишет о постоянстве выветривания, климата, массы живого вещества и его среднего химического состава. Эти положения нельзя считать доказанными. В последнее время установлено, например, что температура земной поверхности в докембрии была более высокой. Имеются веские аргументы в пользу того, что для истории нашей планеты характерна не только эволюция видов организмов, но и эволюция [необратимое поступательное развитие] неорганической материи — земной коры в целом и ее отдельных подсистем — тектонических структур, рудных месторождений и т. д. Однако возможно, что здесь речь идет не о заблуждениях ученого, а о недостаточном понимании его мыслей. Об этом хорошо сказал А. Е. Ферсман в 1946 г.: «Десятилетиями, целыми столетиями будут изучаться и углубляться его геохимические идеи, а в трудах его — открываться новые страницы, служащие источником новых исканий; многим исследователям придется учиться его острой, упорной и отчеканенной, всегда гениальной, но трудно понимаемой творческой мысли...» [Ферсман А. Е. Избр. труды, т. V, с. 787].

В целом публикуемая статья представляет большой интерес и для современного читателя. Многие положения, развиваемые В. И. Вернадским, еще не полностью освоены научной мыслью, не получили развития и, таким образом, статья, написанная полвека назад, не является достоянием истории естествознания, она по-прежнему обращена в будущее...

А. И. Перельман

Доктор геолого-минералогических наук

1.

ЖИЗНЬ составляет неразрывную часть механизма биосферы. Это ярко выявляется при изучении геохимической истории химических элементов, для большинства которых процессы, идущие при участии жизни — биогеохимические процессы, — имеют основное значение. Эти биогеохимические проявления жизни рисуют, на первый взгляд, резко иную картину жизненных процессов; чем та, которая дается биологией. Кажется даже, что эти два представления о жизни —

биологическое и геохимическое — несовместимы.

Лишь более глубокий анализ позволяет разобраться в наблюдаемом различии. Он указывает, что частью мы имеем дело здесь с различным выражением тождественных явлений, частью же действительно встречаемся с различными проявлениями жизни, резко охваченными геохимией и биологией.

Сопоставление двух точек зрения биологической и геохимической — в конце концов углубляет и изменяет научный охват явлений жизни.

Различие двух представлений о жизни сказывается — наиболее, мне кажется, резко — в том, что проникающее все наше современное биологическое мировоззрение учение об эволюции почти совер-

шенно не затронуто в геохимии, оставляется в стороне при изучении биогеохимических явлений. Они нам, на первый взгляд, представляются так, как будто бы эволюция видов животных и растений отражается в них слабо или совсем не отражается.

Мой доклад сегодня имеет целью анализ этих представлений и является попыткой выяснить значение явлений эволюции видов в механизме биосферы.

Обращаясь к этому механизму, можно убедиться, что в нем основные представления биологии приобретают коренные изменения.

Так, в биологии обычно вид рассматривается геометрически; на первое место выступает форма, морфологические признаки. В биогеохимических явлениях на первое место выступает число. Вид рассматривается арифметически. Подобно физическим и химическим явлениям — химическим соединениям и физико-химическим системам — отдельные виды животных и растений должны в геохимии характеризоваться и различаться числовыми константами. Числовые константы заменяют морфологические признаки, указываемые биологами при диагнозе вида.

В биогеохимических процессах необходимо принимать во внимание следующие числовые константы: средний вес организма, его средний элементарный химический состав и отвечающую ему среднюю геохимическую энергию, т. е. свойственную ему способность производить перемещение — миграцию — химических элементов в среде его жизни.

Вместо формы, свойственной виду, выступают в биогеохимических процессах его материя и его энергия. Так, выраженный вид может быть рассматриваем как некоторое вещество, такое же, как другие вещества земной коры — воды, твердые минералы и горные породы, — которые одновременно с организмами строят биогеохимические процессы. Выраженный таким путем вид биолога может рассматриваться как однородное живое вещество, характеризованное массой, элементарным химическим составом и геохимической энергией.

Обычные выражения этих видовых признаков в граммах веса, в процентах химического состава, в скоростях передачи геохимической энергии дают очень отвлеченное, закрывающее реальность представление. Его можно заменить другим,

более ясно отвечающим природному процессу, создающему организм.

В геохимии мы имеем дело с атомами. В ней, в биосфере, мы отличаем физико-химические организмы как особые автономные объемы — поля, в которых собираются определенные атомы в определенных количествах. Это количество и есть характерное свойство каждого организма, каждого вида. Оно указывает, сколько атомов организм данного вида может свойственной ему силой удержать вне поля биосферы, извлечь из окружающей среды. Зная объем организма и количество находящихся в этом объеме атомов и выражая все явление числами, мы получаем, по-видимому, наиболее отвлеченное и в то же время реальное выражение вида, поскольку он отражается в геологических процессах планеты. Мы получаем его, измеряя размеры организма, его вес, его химический состав. Так, полученное число атомов и объем организма суть несомненно видовые признаки. Захват жизнью в некотором поле — в некотором объеме — и удержание в нем известного количества атомов есть реальное явление в природе, столь же характерное для организма, как его форма или физиологические функции. По существу, такое представление, вероятно, даже наиболее глубоко выражает основные черты его существования.

Получаемые числа очень велики, например, для ряски *Letpa tipog* они близки к $3,7 \cdot 10^{20}$, отвечая сотням квинтильонов атомов. Эти большие числа реальны и сравнимы для разных видов.

Такое выражение вида в числе атомов объема организма только дополняет обычную биологическую характеристику вида формой и строением того же самого объема.

Живое однородное вещество геохимика и вид биолога тождественны, но выражены различно.

2.

Изучение явлений жизни в механизме биосферы вносит еще более существенные различия в обычные биологические представления.

Биосфера в основных чертах неизменна в течение всего геологического времени, с археозоя, неизменна, по крайней мере, полтора миллиарда лет. Такое ее состояние выражается во множестве отве-

чающих ей явлений, в том числе и в био-геохимических.

Так, геохимические циклы химических элементов представляются постоянными в геологическом времени. В общем, в кембрии они должны были иметь тот же самый характер, как в четвертичное время или какой имеют теперь. Условия климата, вулканические явления, химические и физические явления выветривания оставались в течение всего геологического времени теми же, какие мы наблюдаем в наше время. За все время земного существования, вплоть до появления цивилизованного человечества, не был создан ни один новый минерал. Виды минералов на нашей планете остаются неизменными во времени или изменяются с его ходом одинаковым образом: во все геологические периоды образовывались те же самые химические соединения, как и теперь. Нет ни одного случая, который бы давал указания на связь того или иного минерального вида с определенной геологической эпохой. Это резко отличает виды минералов от однородного живого вещества, от вида живых организмов. Виды живых организмов резко меняются в течение геологического времени: все время создаются новые; виды минералов — всегда одни и те же.

В геохимическом аспекте, входя как часть в мало изменяющуюся, колеблющуюся около неизменного среднего состояния биосферу, жизнь, взятая как целое, представляется устойчивой и неизменной в геологическом времени.

Входя как неразрывная часть в постоянно повторяющиеся одни и те же геохимические циклы, жизнь не может оказываться резко меняющейся в своих учитываемых в геохимии проявлениях. Масса живого вещества, т. е. количество атомов, захваченных во все бесчисленные автономные поля организмов, и средний химический состав живого вещества, т. е. химический состав атомов полей жизни, должны оставаться в общем неизменными в течение всего геологического времени.

К тому же в эти долгие века и те формы энергии, с которыми связана жизнь — радиация Солнца и, по-видимому, атомная энергия радиоактивных веществ — в общем были те же по величине, какие мы наблюдаем и сейчас. Наблюдаются во всех указанных явлениях лишь колебания в ту и в другую сторону вокруг средней величины, кажущейся нам постоянной.

3.

Эта картина неизменности, свойственная в течение геологического времени всем космическим процессам, стоит в резком противоречии с несомненно шедшим в это время резким изменением форм жизни, изучаемым в биологии. В частности, несомненно, что все видовые признаки, учитываемые в геохимических явлениях, несколько раз коренным образом изменялись в течение геологического времени, ибо за это время неоднократно исчезали многочисленные растительные и животные виды и создавались новые, несомненно с иным весом, с иным химическим составом и с иной геохимической энергией, чем их предшественники. Едва ли можно сомневаться, что химический состав морфологически различных тел всегда различен. Виды, вымершие, отвечали неизбежно иным, ныне не существующим формам однородного живого вещества. Их числовые константы были иные.

Если, однако, при всем этом общий эффект жизни, даже в частности, например в явлениях выветривания, оставался одним и тем же, это указывает, что в сложном механизме биосферы происходили в пределах живого вещества только перегруппировки химических элементов, а не коренные изменения их состава и количества, перегруппировки, не отражавшиеся на постоянстве и неизменности геологических — в данном случае геохимических — процессов, в которых эти живые вещества принимали участие. Это — новый факт огромной научной значимости, вносимый в биологию геохимическим изучением жизни.

В то самое время как морфологический, или геометрический, аспект жизни, взятой в целом, находился в резком изменении и выражается в грандиозной эволюции живых форм, неуклонно идущей от археозоя, — в то же время числовое, количественное, выражение жизни, взятой в целом, оставалось в своих главных величинах и, по-видимому, в главных функциях неизменным.

Правда, и в биологии внимательное изучение явлений эволюции указывает на чрезвычайную неравномерность ее хода. Нельзя говорить о постоянном изменении всех видов — всех форм жизни. Наоборот, мы имеем виды, остающиеся неизменными сотни миллионов лет, например, виды радиолярий докембрийских эпох не отличимы от видов современных; те же

виды *Lingula* сохраняются с кембрия до наших дней; они тоже неизменны в течение сотен миллионов лет в бесчисленных сменяющихся поколениях. Такие примеры, может быть не за столь долгие периоды времени и для видов, несколько более изменившихся, могут быть найдены в большом числе. Можно, идя этим путем, и в живых формах видеть и изучать не их изменчивость, но их поразительное постоянство, их устойчивость. И эта устойчивость видовых форм в течение миллионов лет, миллионов поколений, может быть, даже составляет самую характерную черту живых форм, заслуживающую глубокого внимания биолога. Вероятно, мы видим в этих чисто биологических явлениях проявления той же неизменности жизни в основном своем бытии на всем протяжении геологической истории, какую в другой форме вскрывает нам ее положение в механизме биосферы. Мне кажется, эти явления устойчивости видов заслуживают более серьезного внимания биолога, чем это сейчас имеет место.

Современная мысль биолога обратилась в другую сторону: эволюция форм в течение геологического времени кажется наиболее характерной чертой истории жизни и облекает для нас всю живую природу.

Явление, эмпирически и безусловно установленное больше ста лет тому назад одним из самых глубоких и точных натуралистов — Ж. Кювье, доказавшим существование много, неведомого нам сейчас мира живых форм в прошлые геологические эпохи, вызвало со времен А. Уоллеса и Ч. Дарвина, за последние 70 лет, резкое изменение всего научного мировоззрения натуралистов. Эволюция видов заняла центральное место в этом мировоззрении, привлекла к себе внимание до такой степени, что затемнила другие не менее, если не более важные биологические явления. Эволюция видов заняла в научной мысли такое место, что всякое новое явление или всякое новое представление в биологии, для того чтобы войти в научную мысль, должно быть приведено в связь с ней или определено в своем отношении к эволюции видов.

Уже по одному этому необходимо выяснять проявление эволюции видов в биогеохимических процессах, ибо дальнейшее развитие геохимической работы останавливается сейчас перед отсутствием данных, которые могут дать только био-

логи. Биогеохимические явления должны войти в круг интересов биологов.

Но помимо этого, искание связи эволюции видов с биогеохимическими явлениями представляет и само по себе огромный научный интерес. Несомненно, между ними должна быть связь.

Связь эволюции видов с механизмом биосферы, с ходом биогеохимических процессов несомненна хотя бы уже потому, что основные числа, характеризующие эти процессы, являются видовыми признаками, меняющимися в процессе эволюции. Очевидно, именно изучение этой связи позволит раскрыть взаимоотношения между постоянством жизни как целого в геохимии и ее эволюцией как целого в биологии. Это один из важнейших научных вопросов данного дня.

4.

Можно подойти к этой проблеме точным путем изучения общего эффекта жизни в истории химических элементов Земли — биогенной миграции химических элементов биосферы и тех правильностей, которые с этой миграцией связаны.

Миграцией химических элементов мы будем называть всякое перемещение химических элементов, чем бы оно ни было вызвано. Миграция в биосфере может быть произведена химическими процессами, например, во время вулканических извержений вызвана движением жидких, твердых, газообразных масс — при испарении и осадках видна в движениях рек, морских течений, ветров, наблюдается при шарьяжах и при тектонических перемещениях земных слоев и т. п.

Биогенная миграция производится силами жизни и, взятая в целом, является одним из самых грандиозных и самых характерных процессов биосферы, основной чертой ее механизма. Огромные количества атомов, исчисляемые не квинтиллионами, а еще большими числами, находятся в непрерывной биогенной миграции. Здесь не место останавливаться на том эффекте, который достигается в биосфере биогенной миграцией такого масштаба; я останавливался на нем не раз в последнее время в моих книгах о биосфере и в геохимических очерках¹.

¹ Вернадский В. И. Биосфера. Л., 1926; Очерки геохимии. Л., 1927.

Но некоторые основные черты биогенной миграции, познание которых важно для дальнейшего изложения, необходимо отметить.

Во-первых, существует несколько разных, существенно различных форм биогенной миграции. С одной стороны, биогенная миграция теснейшим образом, генетически, непосредственно связана с веществом живого организма, с его существованием. Точно и верно определил живой организм Кьюве как непрерывный во время жизни ток — вихрь — атомов, идущий из внешней среды и во внешнюю среду. Организм жив, пока ток атомов продолжается. Он охватывает все вещество организма. Дыханием, питанием, внутренним метаболизмом, размножением создается непрерывно каждым организмом отдельно или всеми вместе биогенный ток атомов, строящийся и поддерживающий живое вещество. В общем, это — основная и главная форма биогенной миграции, количественное значение которой точно определяется массой живого вещества, существующего в данный момент на нашей планете. Но это не вся биогенная миграция.

Очевидно, эффект всей биогенной миграции не определяется прямо массой живого вещества. Он зависит не меньше, чем от количества атомов, и от интенсивности их движения, неразрывно связанного с жизнью. Чем больше раз будут оборачиваться атомы в единицу времени, тем биогенная миграция будет значительнее: она может быть резко различна при одном и том же количестве атомов, захваченных живым веществом. Это — вторая форма биогенной миграции, связанная с интенсивностью биогенного тока атомов.

Есть и третья. Эта третья в нашу геологическую эпоху, эпоху психозойную, начинает приобретать небывалое в истории нашей планеты значение. Это — миграция атомов, производимая организмами, но генетически и непосредственно не связанная с вхождением или прохождением атомов через их тело. Эта биогенная миграция производится техникой их жизни. Ее, например, производит работа роющих животных, следы которой известны с древнейших геологических эпох; таковы же отражения социальной жизни животных — постройки термитов, муравьев или бобров. Но исключительного развития достигла эта форма биогенной миграции химических элементов со

времени возникновения цивилизованного человечества, за последний десяток тысяч лет. Мы видим, как этим путем создаются новые, небывалые на нашей планете тела, например, свободные металлы, как меняется лик Земли, исчезает девственная природа. Эта биогенная миграция, по-видимому, не находится в прямой связи с массой живого вещества — она обуславливается в своих основных чертах работой мысли, сознания организма.

По-видимому, наконец, к биогенной же миграции должны быть, в-четвертых, причислены те, косвенным образом связанные с живым веществом, изменения в положении атомов, которые являются следствием брошенных организмами в биосферу новых соединений. Вероятно, по своему эффекту это наиболее мощная форма биогенной миграции. Она, однако, сейчас не может быть нами количественно учитываемая и стоит в стороне от темы сегодняшнего доклада. Это, например, та миграция, которая вызвана созданием свободного кислорода зелеными организмами или изменением несвойственных биосфере химических комбинаций, созданных гением человека. Правда, эта форма биогенной миграции далеко не всегда легко может быть отделена от первого и второго типов. Так, та мощная биогенная миграция, которая производится при разрушении тела отмерших организмов, теснейшим образом связана с биохимическими, вызванными жизнью специальных организмов, процессами гниения и брожения. Но вся она к биохимическим процессам, конечно, сведена быть не может.

5.

Разные формы биогенной миграции, здесь указанные, являются первой характеризующей ее особенностью, которую мы должны иметь в виду в дальнейшем изложении.

Другой своеобразной чертой ее является характер регулирующих ее физических законов.

Биогенная миграция является частью другого, еще более мощного процесса биосферы — общей миграции ее элементов. Эта миграция идет частью под влиянием энергии Солнца, энергии тяготения и воздействия внутренних частей земной коры на биосферу.

Все эти перемещения элементов, чем бы они ни вызывались, укладываются в

системы определенных механических равновесий; в частности, в истории отдельных химических элементов они выявляются в замкнутых геохимических циклах — в круговоротах атомов. Они все выражаются законами неоднородных равновесий — могут быть сведены к правильностям, формулированным Гиббсом.

Круговороты, в которых принимает участие биогенная миграция, поддерживаются внешней, посторонней им, постоянно поступающей и их возобновляющей энергией. Формы лучистой солнечной энергии и энергии атомной играют в возобновлении этих процессов преобладающую роль.

Изучаемые вне этого поступления сторонней энергии равновесия представляют механические системы, неизбежно приходящие к устойчивому состоянию. Их свободная энергия в конце процесса будет нулевой или близкой к нулю — вся работа, которая может быть в этой системе произведена, будет в конце концов неизбежно исполнена. В таких равновесиях работа достигает максимума, свободная энергия спускается до минимума.

Биогенная миграция есть одна из главных форм работы в этих природных системах равновесий. Очевидно, она в них должна стремиться к максимуму своего проявления. Можно выразить это свойство биогенной миграции как основной биогеохимический принцип, неизбежно и автоматически регулирующий биогеохимические явления. Этот первый биогеохимический принцип, как я его называю, гласит:

Биогенная миграция химических элементов в биосфере стремится к максимальному своему проявлению.

6.

Посмотрим теперь, в чем и как проявляются в биосфере, в окружающей нас среде, указанные два свойства биогенной миграции — регулирующий ее первый биогеохимический принцип и существование для нее двух форм ее обнаружения: во-первых, непосредственно связанной с массой живого вещества и, во-вторых, связанной с техникой жизни.

При максимальном проявлении в биосфере биогенной миграции, очевидно, масса живого вещества должна достигнуть возможного предела, если только такой предел существует. Наблюдаемое, по-видимому, постоянство этой массы — количества жизни — в геологическое время как

будто указывает на то, что биогенная миграция в этой форме своего проявления достигла уже предела или близка к пределу. Она, может быть, достигла этого состояния уже в самых древних, доступных нашему изучению геологических эпохах. Этого мы не видим для биогенной миграции элементов, связанной с техникой жизни. В нашу психозойную геологическую эпоху мы наблюдаем резкий скачок ее проявления.

Присутствуя при росте этой формы биогенной миграции, мы должны — согласно первому биогеохимическому принципу — допустить, что эта форма миграции элементов неизбежно дойдет в конце концов с ходом времени до своего максимального предела, если таковой предел существует, или будет стремиться обнаружиться в максимальном проявлении в данное время, постоянно повышая свой уровень выявления с ходом времени, если такого предела для нее не существует.

7.

Можно легко учесть правильность первого биогеохимического принципа, наблюдая проявление биогенной миграции в биосфере: Стремление к максимальному ее выражению в биосфере может быть наблюдаемо в природе в двух явлениях. Во-первых, в том, что биогенная миграция захватит все возможное пространство — максимальное пространство, ей доступное по массе живого вещества и по технике его жизни. Это явление будет выражаться во всюдности жизни в биосфере. Эту всюдность жизни мы должны наблюдать в ней, согласно этому принципу, и мы действительно ее наблюдаем².

Но проявление биогенной миграции, обуславливающее ее геохимическую работу, связано не только с количеством захваченных ею в биосфере в каждый момент атомов. Оно должно выразиться и в быстроте вызванного жизнью их движения, в количестве атомов, проходящих через живое вещество в единицу времени или перемещаемого в единицу времени его техникой в окружающей его среде. Это проявление первого биогеохимического принципа сказывается в том давлении жизни³, которое мы действительно наблюдаем в биосфере, и в том напряженном растущем темпе, каким идет техни-

² Вернадский В. И. Биосфера.

³ Вернадский В. И. Биосфера.

ческое творчество цивилизованного человечества.

Необходимо при этом, особенно в явлении всюдности жизни, но также и в ее давлении, принимать во внимание существование в биосфере форм жизни, обладающих средой обитания коренным образом различного физического характера.

В сущности, можно и нужно допускать, что жизнь проявляется в двух физических различных пространствах.

С одной стороны, она проявляется в поле тяготения, в котором мы живем сами и которое для нас наиболее обычно. Но это поле тяготения, где весь уклад явлений устанавливается тяготением, не охватывает всей области жизни.

Мельчайшие организмы достигают размеров, близких к молекулам, хотя и другой декады. Эти организмы — меньше стотысячной доли сантиметра диаметром — вступают в поле молекулярных сил, и их жизнь и связанные с нею явления определяются не только всемирным тяготением, но и теми излучениями, нас всюду окружающими, которые могут погашать для этих организмов условия бытия, создаваемые тяготениями. Мы знаем, что и для этих мельчайших организмов наблюдаются и всюдность их жизни, заполнение ими максимального пространства, и давление их жизни — чрезвычайный темп тока атомов, ими вызываемого. Это последнее явление достигает здесь даже наибольшей наблюдаемой для организмов величины.

8.

Итак, можно считать, что всюдность жизни и ее давление являются выражением того принципа в окружающей природе, который регулирует биогенную миграцию химических элементов. Изучая относящиеся сюда природные явления, эмпирические факты, легко убедиться, что и всюдность достигается, и давление жизни обуславливается не только неизменной, ныне наблюдаемой, жизнью организмов. Эти явления меняются в ходе геологического времени и достигаются, в значительной мере, эволюционным процессом. Создание эволюционным путем новых форм жизни, приспособляющихся к новым условиям ее бытия, увеличивает всюдность жизни, расширяет ее область. Жизнь этим путем вносится в такие места биосферы, в которых она раньше не существовала.

И вместе с тем мы видим, как создаются в течение геологического времени

новые формы жизни или увеличивающийся темп тока атомов через живое вещество, или создающие новые, небывалые их проявления, новые механизмы их движения.

Внимание, какое все время, в течение теперь трех научных поколений, направляли натуралисты на явления эволюции видов, позволило произвести анализ окружающей нас живой природы и убедиться в том, что как наблюдаемая всюдность жизни, так и давление жизни коренным образом изменены и усилены в течение геологического времени. Это совершенно эволюционным процессом, оно достигнуто приспособлением организмов в течение геологического времени, в результате увеличившим и всюдность жизни и ее давление. Два-три примера достаточны для того, чтобы пояснить мою мысль.

Так, ясно из анализа пещерной фауны, что она составлена из организмов, раньше живших на свету. Они приспособились эволюционным путем к новым условиям и увеличили область жизни. То же самое верно — для части по крайней мере — для глубоководного бентоса. Он приспособился к условиям большого давления, холода и мрака, развился из организмов, живших в иных условиях. Это — явление новое, расширяющее область жизни в биосфере. Анализ этих явлений как будто указывает на дрящеющее и в нашу геологическую эпоху расширение области жизни заселением глубин⁴.

На каждом шагу и в других явлениях наблюдаются такие процессы. Флора и фауна горячих ключей, флора и фауна высокогорных областей или пустынь, флора и фауна ледниковых и снежных полей созданы эволюционным путем. Жизнь медленно, приспособляясь, завоевала новые области для своего бытия, увеличивала эволюционным процессом биогенную миграцию атомов биосферы.

Эволюционный процесс не только расширял область жизни, он усиливал и менял темп биогенной миграции: создание скелета позвоночных изменило и усилило, концентрируя его, миграцию атомов фтора — вероятно, фосфора; создание скелетных форм водных беспозвоночных коренным образом изменило и усилило миграцию атомов кальция.

Нечего и говорить о том чрезвычайном подъеме давления жизни в биосфере, которое создано появлением в биосфере,

⁴ Вернадский В. И. Биосфера.

путем эволюционного процесса, *Homo sapiens* в той его форме, которую, может быть, правильно назвать — соединяя терминологии Линнея и Бергсона и придерживаясь тройного названия вида — *Homo sapiens faber*. *Homo sapiens faber* — его мысль есть новый факт, возмущающий вековой, геологически вековой уклад биосферы.

9.

Так эмпирический анализ окружающей живой природы ясно и непреклонно устанавливает, что всюдность и давление жизни утверждается в биосфере эволюционным путем. Другими словами, наблюдаемая на нашей планете эволюция живых форм в течение геологического времени увеличивает в течение этого времени проявление биогенной миграции химических элементов в биосфере.

Очевидно, то механическое условие, которое определяет неизбежность такого характера биогенной миграции атомов, действовало непрерывно в течение всего геологического времени, и с ним должна была считаться происходившая в это время эволюция живых форм. Механическое условие, определяющее такое выявление биогенной миграции элементов, вызвано тем, что жизнь является неразрывной частью механизма биосферы, являясь, в сущности, той силой, которая определяет ее существование.

Очевидно, и наблюдаемая эволюция видов должна быть связана со строением биосферы. Ни жизнь, ни эволюция ее форм не могут быть независимыми от биосферы, не могут быть ей противопоставляемы как независимо от нее существующие природные сущности. Исходя из этого основного положения и доказанного научным наблюдением участия эволюционного процесса в создании всюдности и давления жизни, проявляющихся в современной биосфере, может быть сформулирован новый биогеохимический принцип, касающийся эволюции живых форм. Этот биогеохимический принцип, который я буду называть вторым биогеохимическим принципом, может быть сформулирован следующим образом:

Эволюция видов, приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, должна идти в направлении, увели-

чивающем проявление биогенной миграции атомов в биосфере.

10.

Конечно, этот принцип отнюдь не объясняет эволюцию видов и стоит в стороне от тех разнообразных попыток ее объяснения — теорий эволюции, — которые сейчас занимают научную мысль. Он принимает эволюционный процесс как эмпирический факт или, вернее, как эмпирическое обобщение и связывает его с другим эмпирическим же обобщением — с механизмом биосферы.

Но он далеко не может быть безразличным для теорий эволюции. Ибо он, мне кажется, логически неизбежно указывает на существование определенного направления, в котором должен идти эволюционный процесс. То же направление, вытекающее из данных наблюдения, вполне совпадает в своем научно точном обозначении с принципами механики, со всем нашим знанием о земных физико-химических процессах, одним из которых является биогенная миграция атомов. С существованием такого определенного направления эволюционного процесса, который при дальнейшем развитии науки несомненно можно будет определить количественно, должна считаться каждая теория эволюции.

Мне кажется, невозможно сейчас оставлять в стороне при построении теорий эволюции и по другим соображениям этот вопрос — вопрос о существовании определенного направления в эволюционном процессе, неизменного на всем его протяжении, в течение всего геологического времени. Взятая в целом палеонтологическая летопись имеет характер не хаотического изменения, идущего то в ту, то в другую сторону, а явления, определенно разветвляющегося все время в одну и ту же сторону — в направлении усиления сознания, мысли, и создания форм, все более усиливающих влияние жизни на окружающую среду. Существование определенного направления эволюции видов может быть точно установлено наблюдением.

Я, в общих чертах, на немногих примерах остановлюсь на ходе эволюционного процесса, палеонтологической летописи с точки зрения изменения биогенной миграции, этим путем происходившей в течение геологического времени.

II.

Около кембрийского времени, на границе более точно изученного живого мира было, по-видимому, произошло создание высших скелетных беспозвоночных. Это явление не может считаться вполне несомненным, но только его допущение объясняет, и притом простым образом, то резкое изменение в сохранности организмов палеонтологической летописи, которое произошло около этого времени,— позже кембрия, по-видимому, близко от начала кембрийского времени. Совершенная неизменность за все докембрийское время процессов выветривания, их полная, в общих чертах, тождественность с аналогичными современными процессами, их полное тождество до наших дней едва ли позволяет искать объяснения отсутствия сохранности форм в различии условий внешней среды.

В то же время нет никаких оснований предполагать, что как раз в это время — благодаря определенной длительности ее процессов — метаморфизация земных слоев случайно отразилась именно в этот момент и выразилась в отсутствии остатков организмов. Для этого надо допустить, что все более древние слои метаморфизованы. Но уже сейчас известны многочисленные случаи слоев древнее кембрия, метаморфизация которых меньше метаморфизации и самого кембрия и геологически новых слоев.

По-видимому, правы геологи, допускающие здесь резкое изменение в биогенной миграции атомов кальция,— первое дошедшее до нас или нами учтенное явление этого рода.

Мы можем представить себе значение этого события, если вспомним роль в биосфере организмов, чрезвычайно обогащенных кальцием (организмы содержат его больше всех металлов), в отложении известняков. Механизм биогенной миграции кальция получил в указываемую эпоху чрезвычайные изменения: миграция эта сразу усилилась. Судя по тому, что нам известно, об интенсивности миграции кальция в связи с созданием скелета высших беспозвоночных, например, моллюсков или кораллов, по сравнению с организмами микроскопическими, его раньше отлагавшими, надо допустить чрезвычайное увеличение темпа его миграции при создании этих новых форм жизни. Увеличение произошло быстро.

Возможно, что такое изменение биогенной миграции кальция путем создания

новых видов, богатых кальциево-карбонатными скелетными образованиями, связано с захватом жизнью в это время новых областей биосферы. Это изменение должно было ярко отразиться также в истории углекислоты.

На границе палеозоя, а может быть в кембрии же, произошло другое огромное явление в биогенной миграции атомов, связанное с коренным изменением древесной растительности суши. Процесс постепенного усовершенствования этих организмов, полный расцвет которых, по-видимому, подошел к зениту в третичной эпохе, длился несколько геологических эпох. Он связан с завоеванием огромного нового пространства для жизни — тропосферы. Создание леса, полного жизнью, произвело чрезвычайное изменение в миграции атомов кислорода, углерода, водорода,— но одновременно должна была усилиться миграция всех атомов, связанных с жизнью, прежде всего усилиться их круговорот, ибо лес — особенно лиственный лес новых геологических эпох — скопляет жизнь и растительную и животную в исключительной, раньше неизвестной степени. Если сравнить, с этой точки зрения, лес тайнобрачных палеозоя с нашим или третичным лесом явнобрачных, разница получится огромная в направлении увеличения проявления биогенной миграции с ходом геологического времени.

В мезозойское время совершился новый факт, увеличивший проявление биогенной миграции,— появления птиц. Этим путем область тропосферы вновь усилилась жизнью. Появление летающих организмов, резко и во многом изменивших биогенную миграцию в сторону ее большего проявления, длилось геологические периоды, пока не достигло своего завершения в классе птиц в мезозое и в третичном времени. Две огромных биогеохимических функции связаны с этими воздушными формами жизни, которые едва ли в такой мере могли быть связаны с летающими беспозвоночными, идущими в большую глубь времен, до начала палеозоя, хотя часть этой функции летающие беспозвоночные несомненно производят и производили. Но все же только создание птиц довело механизм биогенной миграции в этом времени до небывалого раньше в геологическом времени размаха.

В механизме биосферы, в биогенной миграции атомов, птицы, а равно другие летающие организмы, играют огромную роль в обмене вещества между сушей и водю, главным образом между сушей и оке-

аном. Здесь роль птиц обратная роли рек, но приближающаяся к ним по масштабу передвигаемых масс материи. Переселения птиц еще более увеличивают это их значение в биогенной миграции атомов. Создание этих летающих видов позвоночных не только создало новые формы биогенных миграций и резко отразилось на химическом балансе моря и суши, оно внесло изменения (усиление биогенной миграции) в истории отдельных элементов, в частности фосфора. В его истории летающие беспозвоночные — насекомые — в такой мере значения иметь не могли. Правда, летающие ящеры появились раньше птиц, но все указывает, что они не достигали того масштаба влияния, какое имеют птицы. По-видимому, появление птиц связано с созданием новых типов лесов, во всяком случае с ним совпало:

Гораздо большее, несравнимо большее по сравнению с другими позвоночными, изменение в биогенной миграции произвело цивилизованное человечество. Здесь, впервые в истории Земли, биогенная миграция, вызванная техникой жизни, могла преобладать по своему значению над биогенной миграцией, производимой массой живого вещества. При этом изменились биогенные миграции для всех элементов. Этот процесс совершился чрезвычайно быстро, в геологически ничтожное время. Лик Земли изменился до неузнаваемости, и совершенно ясно, что процесс изменения только что начался. Он целиком входит в условия второго биогеохимического принципа: изменение приводит к чрезвычайно усиленному проявлению биогенной миграции атомов биосферы.

Два явления здесь должны быть отмечены: во-первых, то, что человек — едва ли кто сейчас в этом может сомневаться — создан эволюционным процессом и, во-вторых, наблюдая производимое им изменение в биогенной миграции, мы видим, что это изменение нового типа идет, все увеличиваясь, с чрезвычайной резкостью.

Вполне допустимо поэтому; что и в другие периоды палеонтологической летописи изменения в биогенной миграции происходили созданием новых животных и растительных видов не менее резко.

Я здесь остановился на отдельных, более крупных явлениях эволюции видов в отражении ее в биогенной миграции химических элементов. Во всех этих случаях

ясно ее согласие со вторым биогеохимическим принципом. Мне кажется, анализ палеонтологической летописи указывает это согласие во всех случаях.

Каким путем это согласие происходит — путем ли действия слепых столкновений случайностей, или же путем более глубокого процесса, вызванного свойствами жизни, непрерывной и генетически связанной в своем проявлении в течение всей геологической истории планеты, — решит будущее. Регулирующее влияние второго биогеохимического принципа скажется в обоих случаях.

Если бы создание видов происходило вслепую, случайно, вне зависимости от окружающей среды, т. е. от механизма биосферы, то все же не всякий вид, случайно создавшийся, мог бы выжить и войти в сложный биоценоз планеты; выжил бы тот, который был бы в нем устойчив, т. е. который увеличивал бы биогенную миграцию атомов биосферы.

Едва ли, однако, возможно в настоящее время так элементарно просто противопоставлять организм среде, т. е. биосфере, как это делалось раньше. Мы знаем, что организм в среде — не случайный гость: он часть ее сложного закономерного механизма. И частью того же механизма является его эволюция...

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ В. И. ВЕРНАДСКОГО В «ПРИРОДЕ»

СЕРОВОДОРОД В ЗЕМНОЙ КОРЕ. 1915, № 7—8.

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И МЕХАНИЗМ
ЗЕМНОЙ КОРЫ. 1922, № 3—5.

ХОД ЖИЗНИ В БИОСФЕРЕ. 1925, № 10—12.

БАКТЕРИОФАГ И СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ
ЖИЗНИ В БИОСФЕРЕ. 1927, № 6.

ЗАДАЧИ МИНЕРАЛОГИИ В НАШЕЙ СТРАНЕ
(1917—1927 гг.). 1928, № 1.

О КЛАССИФИКАЦИИ И ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ
ПРИРОДНЫХ ВОД. 1929, № 9.

ТОРИИ ИЛИ МЕЗОТОРИИ В МОРСКОЙ
ВОДЕ. 1932, № 5.

ВОДНОЕ РАВНОВЕСИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ И
ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ, 1933, № 8—9.

1916, № 7—8

РЕЧЬ В ИНСТИТУТЕ ПАСТЕРА
В МАЕ 1915 г.

И. И. Мечников



Илья Ильич Мечников (1845—1916) — один из основоположников эволюционной эмбриологии, создатель сравнительной патологии воспаления и фагоцитарной теории иммунитета. Почетный член Петербургской Академии наук [с 1902 г.]. С 1905 г.— директор Пастеровского института в Париже. В 1908 г. ему совместно с П. Эрлихом была присуждена Нобелевская премия.

В 1886 г. вместе с Н. Ф. Гамалеей организовал первую русскую бактериологическую станцию для борьбы с инфекционными заболеваниями. Основал первую русскую школу микробиологов, иммунологов и патологов. Создатель оригинальной теории происхождения многоклеточности. Многочисленные работы И. И. Мечникова по бактериологии посвящены вопросам эпидемиологии холеры, брюшного тифа, туберкулеза. Значительное место в трудах И. И. Мечникова занимали вопросы старения. Им предложен ряд профилактических и гигиенических средств борьбы с самоотравлением организма.

И. И. Мечников с большим сочувствием относился к нашему журналу. Хотя последний период жизни он провел во Франции, работая в Пастеровском институте, он неоднократно присылал статьи для «Природы». Последней публикацией в «Природе» была речь И. И. Мечникова на праздновании его 70-летия в мае 1915 г. в Париже. В июне 1916 г. И. И. Мечников скончался, и статья вышла посмертно.

Публикуемая речь посвящена проблеме старости и продления жизни человека — теме, которая особенно занимала И. И. Мечникова во второй половине его жизни и которая позднее оформилась в виде особой науки — геронтологии. Одним из зачинателей этой науки и был И. И. Мечников.

Господин Председатель,
Милостивые Государыни,
Милостивые Государи.

МНЕ, право, совестно, что теперь, когда всеобщее внимание сосредоточено на гигантской борьбе, вы вспомнили о таком незначительном событии, как мой семидесятилетний юбилей. От души благодарю вас всех, особенно же нашего уважаемого председателя г. Гастона Дарбу за его речь, столь благожелательную ко мне. Не менее благодарен я и нашему дорогому директору, г. Ру, сказавшему мне так много теплых и лестных слов, способных самого скептического человека заставить преувеличенно оценить свое значение.

Раз мы здесь собрались, я пользуюсь случаем, чтобы поблагодарить институт Пастера за его доброе отношение ко мне в течение двадцати семи лет, протекших с его основания. Здесь, в тишине лаборатории, вдалеке от всякого воздействия, чуждого строго научной работе, я смог разработать мои идеи и спокойно достигнуть конца своей карьеры. Ибо — приходится с этим примириться — семьдесят лет в теперешних условиях существования составляют предел деятельной жизни. Именно поэтому их и празднуют совершенно особым образом.

Еще в самые отдаленные времена царь Давид провозгласил, что «жизнь человеческая — семьдесят лет. Более сильные достигают восьмидесяти: дальше остаются только труд и горечь». С тех пор семидесятилетний возраст стал указываться как естественный предел нормальной жизни. Установлено и получено много подтверждений того, что именно в возрасте семидесяти, семидесяти одного года происходит больше всего смертных случаев (за вычетом годов раннего детства).

...Я должен считать себя особенно счастливым, что достиг вершины этой горы; это не всегда легко удается. Часто думаю, что долголетие является наследственным свойством. Именно благодаря наследственности знаменитый изобретатель антисептики, Листер, достиг восьмидесяти пяти лет; он принадлежал к семье, члены которой жили очень долго. Отец его умер восьмидесяти трех лет, а дед — девяноста трех лет. Ко мне это относиться не может.

Мои родители, деды и бабки, братья, сестры все умерли, не достигнув моих лет... У меня сильное искушение объяснить свое долголетие гигиеническим режимом, который я себе усвоил уже порядочно лет тому назад; режим этот основан на моем убеждении в большой вредности кишечной флоры. Существует распространенное убеждение, что микробы нашего пищеварительного канала якобы находятся в симбиозе с человеческим организмом; я придерживаюсь совершенно противоположного мнения. Я полагаю, что мы питаем большое количество вредных микробов, которые сокращают наше существование, вызывая преждевременную и болезненную старость. К аргументам, почерпнутым из изучения кишечной флоры, можно присоединить еще новый, совершенно злободневный. Каждый день в течение теперешней нескончаемой войны мы наблюдаем, что раны заражаются бактериями Вельша (*perfringens*), стрептококками и иными бактериями, находящимися в выделениях пищеварительного канала. Следовательно, это не безобидные гости, а действительные носители болезни и смерти.

Убежденный во вредности нашей кишечной флоры, я, в видах борьбы с ее пагубным влиянием, больше чем восемнадцать лет тому назад предпринял опыт над самим собой: я поддерживаю от всякой сырой пищи и, кроме того, ввел в свой режим молочные микробы, способные воспрепятствовать процессам гниения в кишечнике. Само собой разумеется, что это лишь первые шаги в том направлении, которое я наметил.

Кроме гнилостных агентов, наша флора изобилует и другими вредными для нас микробами. Из них я особенное внимание обращаю на бактерий, вырабатывающих масляную кислоту, яд, поражающий самые ценные наши органы. Изучение средств борьбы с этими микробами было прервано по случаю войны, так как не было уже возможности иметь животных для опытов. Но уже с самого начала моих работ в этом направлении я убедился, что наличие молочнокислых бактерий не исключительно зависит от рода питания. При совершенно одинаковом режиме у некоторых обезьян оказывается большое количество этих микробов, между тем как у других представителей той же породы они совершенно отсутствуют. Эти опыты убедили меня в том, что кишечная флора принимает тот или иной характер немедленно же по прекращении питания молоком матери. Следовательно, для того, чтобы полу-

¹ В «Природе» были напечатаны статьи И. И. Мечникова: «Туберкулез» (1913 г., декабрь) и «Отношение между долголетием и длиной толстых кишек» (1915 г., декабрь).

чилась благоприятная кишечная флора, надо насаждать полезных микробов и уничтожать микробов вредных с самого раннего детства. В этом направлении должно бы было делать опыты в детских приютах и в питомниках обезьян, в которых старались бы разводить последних. С другой стороны, приюты для стариков могли бы служить для изучения такого режима питания, который способен был бы обеспечить нормальную старость и большое долголетие. Между тем как теперь приходится считать себя счастливым, доживши до семидесяти лет и не потеряв способности делать свое жизненное дело, в будущем этот предел несомненно будет значительно отодвинут. Но, чтобы достигнуть этого результата, необходима долгая научная работа. Наряду с изысканиями о роли кишечной флоры как агента преждевременной старости с сопровождающими ее сосудистыми, нервными и другими поражениями, макробиотика, почти еще не существующая, должна будет заняться изучением старческих болезней, среди которых господствующее место занимают воспаление легких и злокачественные опухоли. Основанием новых изысканий должна служить теория об экзогенном происхождении рака, — теория, усвоенная нашим институтом и столь блестяще защищаемая Боррелем. Прежде всего следовало бы произвести наблюдения в приютах для стариков. Если действительно существует раковый микроб, то режим стерилизованной пищи и чистота кожи должны предохранить человека от рокового действия этого микроба.

Рациональная макробиотика есть наука будущего; пока же приходится удовлетворяться нормальной жизнью в семьдесят лет. К счастью, уже в этом возрасте, по крайней мере, у некоторых людей с ускоренной эволюцией (к которым, мне кажется, я принадлежу) инстинктивный страх смерти начинает исчезать и сменяться чувством удовлетворенности существованием и потребностью в небытии. Здесь мы касаемся одной из величайших проблем, занимающих человечество с самых отдаленных времен. Так как мыслители обсуждали этот вопрос обыкновенно в возрасте, когда жажда жить всего сильнее, то они

и приходили к пессимистическому взгляду на жизнь, ибо не могли себе представить душевного состояния, в котором этой жажды не чувствовалось бы. Главным образом занимались этим вопросом поэты и романисты. Среди них особенно выделялся Толстой, который несколько раз возвращался к этой теме и дал лучшее описание страха смерти. Устами одного из действующих лиц он признается, что долгий ряд лет он никогда не думал об «одном маленьком обстоятельстве, о факте, что смерть придет и все кончится, что не стоит что бы то ни было предпринимать и что изменить этого нельзя. Это ужасно, но это так», заключает он. Продолжая свои пессимистические размышления, он прибавляет: «Если это случится не сегодня, то завтра, а если не завтра, а даже через тридцать лет, разве это не все равно?» («Анна Каренина»). Нет, совсем не все равно. Толстой, несомненно, бывший великим знатоком человеческой души, не подозревал того, что инстинкт жизни, потребность жить не одинаковы в разных возрастах. Мало развитой у молодых людей, он напряженно проявляется в зрелом возрасте и особенно в старости. Но в глубокой старости человек начинает испытывать чувство жизненного удовлетворения, род пресыщенности, приводящей к тому, что мысль о том, чтобы вечно жить, начинает казаться чем-то отталкивающим. В современных условиях это душевное состояние проявляется лишь в исключительных случаях, ибо очень редкие люди, достигшие глубокой старости, сохраняют непрекосновенными умственные способности. Но в будущем, когда рациональная гигиена установит законы нормальной жизни, теперешние исключения сделаются общим правилом.

Когда заботы и тревожения настоящего момента, поглощенного мировой войной, давно уже будут сданы в архив, проблемы жизни и смерти сохранят свое господствующее значение. Будем надеяться, что работа нашего института, в которых я уже не смогу принимать участия, в широкой мере будут способствовать тому, чтобы в будущем дать людям возможность достигнуть нормального предела жизни более продолжительной, чем теперь.

1917, № 5—6

НАУКА И ДЕМОКРАТИЯ

Максим Горький



Максим Горький (1868—1936), великий русский советский писатель.

Данная публикация М. Горького в «Природе», хотя и единственная, далеко не случайна. Хорошо известна огромная роль М. Горького в поддержке науки и ученых, популяризации научных знаний. Особенно он сблизился с учеными в 1916 г., когда приступил к изданию журнала «науки, литературы и политики» — «Летопись». С этого времени в переписке М. Горького постоянно встречаются имена И. И. Мечникова, И. П. Павлова, Н. К. Кольцова, А. Н. Баха, Г. В. Вульфа, А. Е. Ферсмана, Ю. А. Филипченко и других ученых, составлявших актив журнала «Природа». В марте 1917 г. по инициативе группы академиков Горькому было возвращено звание почетного академика, отнятое Николаем II в 1902 г. [знаменитый «академический инцидент»]. В это же время М. Горький вместе с рядом крупнейших русских ученых — инициатор создания «Свободной ассоциации для развития и распространения положительных наук» (прообраз будущего общества «Знание»). Главная задача организации — распространение научных знаний среди народных масс.

На первом публичном собрании 9 апреля 1917 г. в Петрограде, которое открыл председатель Ассоциации В. А. Стеклов, среди докладов Н. А. Морозова, И. П. Павлова и других ученых было заслушано и выступление М. Горького. Собрание прошло с большим успехом и 16 апреля было повторено, а 11 мая организационный комитет Ассоциации в полном составе устроил 3-е выездное заседание в Москве, в Большом театре. Информация о московском заседании и тексты речей М. Горького и Н. А. Морозова были опубликованы в объединенном майско-июньском номере «Природы» за 1917 г.

Высокоуважаемые граждане!

ВЕРОЯТНО, вам покажется странным, почему это я решаю вас беспокоить вас соображениями профана о науке, о ее значении в жизни возрожденной России, о той роли, которая принадлежит науке и ученым в новой русской истории.

Но, может быть, мне удастся поколебать ваше естественное и понятное скептическое отношение к моей дерзости, если вы позволите мне кратко изложить мое отношение к опытной науке, мое представление о той творческой работе, которую наука может и должна совершить в нашей духовно искаженной стране.

Почтенные граждане!

Я не знаю сил более плодотворных, более способных воспитать в человеке социальные инстинкты, чем силы искусства и науки. Скажу более — являясь в известной, скромной степени представителем искусства, я совершенно искренно и сознательно ставлю опытные науки на первое место в процессе воспитания человека.

Ибо искусство — эмоционально, оно слишком легко поддается субъективным особенностям психики творца, слишком зависимо от того, что принято именовать настроением, и, по силе этих причин, редко бывает истинно свободным, редко возвышается над преградами, которые ставят ему мощные влияния индивидуализма, классовых, национальных и расовых предубеждений.

Опытные науки, могуче развиваясь на благодарной почве точного наблюдения, руководясь железной логикой математики, совершенно свободны от указанных влияний. Дух опытных наук поистине общечеловечен, интернационален. Мы имеем право говорить о русском, немецком, итальянском искусстве, но существует только единая, всемирная, планетарная наука, и это она открывает нашу мысль, вознося ее к пределам мировых тайн, как разгадкам трагизма нашего бытия, это она открыла миру путь к единству, свободе, красоте.

Не мне надлежит убеждать вас в том, как необходимо насытить точными знаниями русскую демократию, которая ныне воскресла для новой жизни. Крупный ученый и честнейший человек К. А. Тимирязев всю долгую жизнь свою упрямо твердит: «Будущее принадлежит науке и демократии». Это — великая истина. И я глубоко убежден, что без насыщения наукой для демократии нет будущего. Нам, русским,

особенно необходимо вооружиться точными знаниями, нам более, чем всякой иной нации, необходимо привить уважение к разуму, развить в себе любовь к нему, почувствовать его универсальную силу. Надо понять, что разум — наше светило, что он — магма, способная согреть нас изнутри, что лишь на его светлых крыльях мы вознесемся к высоте, достойной человека, достойной его страданий в поисках истины и его неукротимой тоски по истине.

Русская история сплела для нашего народа густую сеть таких условий, которые издавна внушали и до сего дня продолжают внушать народным массам подозрительное, даже враждебное отношение к творческой силе разума и великим завоеваниям науки. Иден западноевропейской культуры внесло в Россию дворянство; для большинства народа дворянин — только помещик, крепостник — что может быть доброго от него? В представлении мужика ученый это — барин, а не работник, разбивающий оковы духа. Прибавьте к этому церковное воспитание народа, внутренне непримиримое с красотой и силой свободной, бесстрашно исследующей мысли. И, наконец, мы все знаем, как монархическая власть и прямо и косвенно пресекала стремление к знанию... К сумме влияний, понижающих жизнедеятельность русского человека, можно причислить еще многое, но здесь не место говорить об этом. Все эти влияния, враждебные развитию в человеке дееспособности, должны были укоренить в нем чисто органическое, инстинктивно-отрицательное отношение к великим поискам науки, к еретическим догматам ученых.

Какой же вывод из этой нерадостной картины?

Вывод может быть только один: наука, самая активная сила мира, должна разрушить древнее недоверие к ней, корнящееся в русском народе, она должна сорвать с народной души скептицизм невежества, должна освободить эту, всем нам дорогую душу от оков предрассудка и, окрылив ее знанием, вознести русский народ на высшую стадию культуры.

Народ должен знать, что ныне он живет в атмосфере, созданной для него именно наукой, — он не знает этого. Ему должно быть понятно, что барин, собирающий в поле цветы, — не бездельник, а человек, который воспитывает деревне агронома, что ситцевая рубаха на его плечах сработана на станке, который нельзя создать, не зная математики, и что лекарство врача явилось результатом кропотливой работы ученого. Он должен знать, что в мире есть разум, кото-

рый неустанно и любовно заботится о его жизни, о его интересах, о том, чтобы облегчить его труд, украсить жизнь.

Еще более густа атмосфера науки, окружающая городское население. Здесь на каждом шагу человек может видеть завоевания разума и порабощение стихийных энергий на пользу его, человека. И вагон трамвая и кинематограф, автомобиль и граммофон, пуговица пиджака и градусник — все это — полезное, забавное, мелкое и великое, — все создано наукой. Процесс диффузии грандиозных научных идей в толщу буден, в грязноватый русский быт, совершенно непонятен обывателю, хотя вся обывательская жизнь пронизана и насыщена идеями опытной науки, кристаллизованными в различных формах практикой жизни.

Я понимаю, что рассказывать обывателю о заслугах науки перед ним — дело популяризатора, а не ученого, который поглощен стремлением открыть сокровеннейшие тайны бытия. Но значение популяризации точных знаний огромно и ответственно; огромно потому, что только оно может оздоровить психику русского человека, и потому, что только оно способно создать атмосферу сочувствия высшим целям науки, вызвать в массах доверие к силе разума.

И поэтому мне кажется, что первойшей, по ее культурному значению, задачей нашей должно быть создание в России органа, который сконцентрировал бы в себе всю работу разума, направленного к опытному исследованию великих тайн бытия. Этот орган рисуется мне в форме свободной ассоциации ученых — ассоциации, которая, работая в мировом масштабе, находясь в непрерывном духовном общении с подобными ей ассоциациями, как, например, Британская, стремилась бы, помимо своих непосредственных задач, к созданию в мире единого, планетарного вместилища разума, являлась бы мозгом и нервной системой нашей планеты...

И особенно необходимо создание такого органа у нас, на Руси, где разум все еще не пользуется должным вниманием и почетом и где свобода его творчества была так дичинно стеснена бездарным некультурным гнетом монархии. Нет страны, где наука, высшее выражение жизни нации, существовала бы в большем загоне, где к ее свободным стремлениям относились бы более враждебно и где с людьми науки обращались бы более отвратительно, чем в России старого режима. Вы сами знаете, как нагло и грубо грязная рука политики касалась чистых крыльев науки. Вы помни-

те, сколько сильных людей из среды наших ученых принуждено было покинуть родину, сколько прекрасных талантов задохнулось в ней, не успев использовать своих сил.

Но вот ныне пред людьми науки открыта счастливая возможность свободно организоваться для их чудесной работы — для безграничного расширения и углубления пределов точных знаний, для воскресения русского народа из мертвых...

Позвольте мне фантазировать — я делаю это с глубокой уверенностью в том, что нет фантазии, которую воля и разум людей не могли бы превратить в действительность.

Мне рисуется учреждение, которое я назвал бы «Городом Науки», — это ряд храмов, где каждый ученый является жрецом, независимо служащим своему богу. Это ряд прекрасно обставленных технически лабораторий, клиник, библиотек и музеев, где изо дня в день зоркие, бесстрашные глаза ученого заглядывают во тьму грозных тайн, окружающих нашу планету. Это — кузницы и мастерские, где люди точного знания, кузнецы и ювелиры, куют, гранят весь опыт мира, превращая его в рабочие гипотезы, в орудия для дальнейших поисков истины.

В этом «Городе Науки» ученого окружает атмосфера свободы и независимости, атмосфера, возбуждающая творчество, и работа его создает в стране атмосферу любви к разуму, вызывает в людях гордое любование его силой, его красотой.

Вот фантазия, которую может осуществить только наука, вот чудо, которое способна сотворить только она, ибо нет чудес, кроме тех, которые создают наука и действительность.

Может быть, грубо и наивно говорил я — вы извините мне, если так, но я смело утверждаю, что к этому голосу дружно присоединится вся демократия. Я повторяю: без науки у демократии нет будущего.

Я верю — демократия в лице разумных людей своих понимает значение точного знания. Я знаю — она любит его. И я говорю: в вашей воле духовное возрождение России.

Светает на Руси.

В эти дни, когда над печальной, измученной нашей страной так пламенно вспыхнула заря новой жизни, когда русский народ почувствовал радость свободы — в эти счастливые, долгожданные дни, люди разума, люди науки не должны стоять в стороне от великих событий.

История зовет их на место, по праву принадлежащее им — в первые ряды творцов новой жизни. Это они должны возгла-

вить страну. Это их право насытить духовно-голодный народ из сокровищницы планетарного разума, мирового знания.

Я обращаюсь, к вам, граждане, уверенный, что в сердцах ваших любовь к России оживлена добрым веянием свободы, уверенный, что вы понимаете, как много и мужественно надо работать для укрепления позиций, завоеванных нами.

Мы разрушили старый строй жизни только физически, — духовно он и вокруг нас и в нас самих. Потребны Геркулесовы усилия, чтобы очистить самих себя и всю страну от гнили и ржавчины монархического режима...

Нам необходимо учиться жить, учиться работать, учиться любить труд. Нам нужно понять, что труд не есть насиле над нашей волей, труд есть свободное выражение воли к жизни, и в свободном труде так же, как в любви, скрыто величайшее наслаждение. Это надо понять, и нам поможет понять это только точное знание, только насыщаясь духом положительных наук, мы можем постепенно вылечиться от наших болезненных недостатков.

Граждане!

Культура имеет три основания: искусство, науку и промышленность. Позвольте напомнить вам великую работу Конвента Франции с 1791 по 93-й год. За эти три года Конвент, живя в атмосфере хаоса и террора, под угрозой иностранного нашествия, развил три кафедры, основанные Бюффеном, до 12-ти и создал Ботанический сад, учреждение, которому долго завидовала вся Европа, он основал Консерваторию искусств и ремесел, три медицинские школы, он же нашел необходимым во время войны, когда Франция напрягала все свои силы, освободить от воинской повинности профессоров и студентов.

В невыразимо трудных условиях Конвент находил возможным издавать для земледельцев «Советы относительно осенних посевов», по его распоряжению ученый Дюбантон составил классическое «Руководство для пастухов», Конвент занимался осушением болот, организацией образцовых ферм: в 93 году, в разгар террора, он ставит в

Паптеоне бьет Декарта, отца французской философии, издает сочинения Бэкона, снаряжает научные экспедиции, учреждает астрономическое бюро, а Тампионо, с разрешения Конвента, дает первый толчок к раскопкам Помпеи.

В краткой речи нет возможности перечислить все великие заслуги Конвента перед наукою, искусством и промышленностью, но — позвольте повторить, что трехлетняя деятельность Конвента протекала в условиях ужасных, при наличии террора внутри страны, под угрозой иностранного нашествия, при взрыве федералистических тенденций. Это — те же условия, в которых ныне находимся мы...

Напомню, что Британская ассоциация ученых возникла в 1810 г. — в ту пору, когда Англия находилась на краю гибели.

Нам, граждане, нужно организовать в своей стране ее лучший мозг, ее творческую, нервную силу, нам необходимо создать для развития русской науки такие условия, которые дали бы ей возможность свободного и бесконечного развития, нам необходимо дружно позаботиться от том, чтобы наши ученые могли дать стране максимум творчества.

Чем выше поднимется свободно следующая наука, тем шире ее кругозор, тем обильнее возможность практического применения научных знаний к жизни, к быту. В природе, поскольку мы знаем, нет ничего чудеснее человеческого мозга, нет ничего более изумительного, чем процесс мышления, ничего более драгоценного, чем результаты научных исследований.

Да здравствует наука!

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Менделевич Г. А. РЕЧЬ А. М. ГОРЬКОГО — НА СТРАНИЦАХ «ПРИРОДЫ». — «Природа», 1965, № 3.

Финн Э. А. ФЕРСМАН И ГОРЬКИЙ. — «Природа», 1963, № 11.

ПРОБЛЕМА ПРОИСХОЖДЕНИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ В СОВРЕМЕННОМ ПОНИМАНИИ

Н. И. Вавилов



Николай Иванович Вавилов [1887—1943] — один из крупнейших представителей отечественной и мировой генетики, растениевод, ботаник, географ, академик [с 1929 г.], президент Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина [1929—1935], первый директор Всесоюзного института растениеводства [1924—1940]. Основатель советской школы растениеводов, генетиков и селекционеров. Под руководством и при участии Н. И. Вавилова у нас в стране создана в ВИРе мировая коллекция культурных растений.

Н. И. Вавилов — создатель современных научных основ селекции, учения о мировых центрах происхождения и разнообразия культурных растений. В 1919 г. им было обосновано учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям, а в 1920 г. он сформулировал закон гомологических рядов в наследственной изменчивости у близких видов, родов, облегчающий селекционерам поиски новых исходных форм для скрещивания и отбора.

Н. И. Вавилов был одним из ведущих сотрудников «Природы»: в 1936—1938 гг. редактировал отдел генетики и растениеводства в нашем журнале.

Воспроизводимая статья излагает содержание доклада, сделанного Н. И. Вавиловым на Всесоюзном съезде по генетике, селекции, семеноводству и животноводству в Ленинграде 10 января 1929 г. Здесь в самых общих чертах подытоживаются составившие эпоху работы Н. И. Вавилова и его школы по изучению генетического многообразия культурных растений и выявлению географических центров этого многообразия и намечаются дальнейшие перспективы. В этой статье — как и в других публикациях Н. И. Вавилова — ярко проявляются характерные черты его научного творчества: величайший оптимизм, несокрушимая вера в прогрессивную роль науки, стремление тесно связать науку с решением практических задач человечества.

НАУЧНАЯ работа в генетике и смежных с ней областях имеет в настоящее время одну особенность, делающую ее привлекательной для исследователя, это — исключительно ясная, конкретная постановка проблем генетики и селекции. Самое крупное достижение нашего времени в области наук, объединяющих собравшихся здесь, бесспорное и неотъемлемое, — конкретизация самых крупных теоретических и практических заданий, в то же время, можно сказать, величайших проблем биологии: формообразования и видообразования. Генетик и селекционер нашего времени хорошо знают, что делать и, в значительной мере, как делать. Если бы современному биологу-генетику предложили составить план исследовательской работы по изучению проблемы генезиса видов, форм, то без особых затруднений, как нам кажется, он смог бы на ряд десятилетий очертить определенные задачи самых интереснейших экспериментальных и описательных исследований. Это относится одинаково и к растительным и к животным объектам.

На общем фоне величайшей проблемы биологии — видообразования — тема, которую я избрал предметом своей речи, составляет только скромную долю общей, почти необъятной темы. Но особенность нашего времени — конкретный подход — отличает от прошлого и постановку проблемы происхождения культурных организмов.

В отличие от XIX века исследователь подходит ныне к проблеме происхождения организмов прежде всего как к экспериментатор, как инженер. Старое решение вопроса о происхождении того или другого культурного растения или животного с отнесением его к Старому или Новому Свету, с установлением приближительных родственных связей диких и культурных растений, большей или меньшей древности растений или животных — нас ныне не удовлетворяет. Любопытные исторические и археологические изыскания есть только один из многих вспомогательных способов в познании путей созидания видов и форм, далеко не удовлетворяющий генетика-экспериментатора, ищущего прежде всего самый строительный материал и пути для постройки видов и форм.

По нашему настоящему пониманию, исследователь проблемы происхождения культурных организмов обязан сделать все для того, чтобы овладеть исходными элементами, определяющими процесс формообразования отдельных линнеевских видов. Мы ставим перед собой совершенно

конкретную, больше того, утилитарную задачу овладеть этапами формообразования, строительным материалом для того, чтобы на основе его развертывать творческую работу биолога по созданию видов и форм по произволу; наша цель — научиться восстанавливать исторический процесс, уметь самим создавать виды и формы; мы хотим решить, как конструктивно возникла культурная пшеница, как создалось великое разнообразие форм, по каким путям оно шло, как от диких форм, которые еще кое-где сохранились, подойти к синтезу тех видов, которые ныне фактически существуют. Мы считаем решенной задачу происхождения, когда исследователь действительно овладеет всем материалом для создания форм, для создания видов культурных организмов. Другими словами, проблему происхождения культурных организмов мы ставим ныне не только как историческую, но и как динамическую, пытаюсь прежде всего овладеть ею экспериментально. В этой конкретизации проблемы происхождения культурных растений и животных — весь смысл значения ее для утилитарных целей селекции. Без решения этих трудных теоретических задач практический селекционер принужден работать в значительной мере, рассчитывая на случайные счастливые сочетания. Это и дает нам право на съезде генетики, науки экспериментальной, фиксировать внимание на этой, с первого взгляда казалось бы, исторической проблеме.

В таком конкретном объеме, как поймет каждый, кто соприкасается с линнеевским видом, в его действительном составе, в его многообразии, примером которого является сам человек, проблема происхождения культурного организма далеко не проста. Для многих объектов, в особенности для домашних животных, мы еще как следует не знаем даже объема систематического состава линнеевских видов, расового состава видов. Ставя конкретную проблему происхождения культурных видов животных и растений, мы, естественно, пока можем говорить только об этапах наступления, о взятии некоторых фортов при общем штурме до сих пор неприступной крепости, которую представляли до последнего времени линнеевские виды для экспериментатора. Не случайно прошлогодний Берлинский международный конгресс открылся речью Веттштейна, указавшего на то, что генетика пока что совершенно не тронула глубин создания видов и родов.

УСТАНОВЛЕНИЕ ОЧАГОВ ПЕРВИЧНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Первая фаза разветвляющегося наступления — это прежде всего установление пространственной локализации основного исходного формообразовательного процесса — определение очагов зарождения культурных видов. Линнеевский вид в современном понимании — целая система форм. И прежде всего для основательного овладения им надо знать географию целых систем, географию распространения элементов, составляющих вид. Обычные зоологические и ботанические ареалы, не считающиеся с видом в его внутреннем разнообразии, нас не удовлетворяют. Для овладения видом нужны прежде всего не только общие географические контуры распространения его отдельных форм, но знание областей максимального скопления элементов разнообразия — генов данных видов, установление географических центров, где находится максимум формообразовательного процесса. Таких данных до последнего времени у нас не было. Поставленное задание заставило приступить к наступлению на фронте овладения основными очагами происхождения культурных организмов, а тем самым — как показали факты — и к овладению самым разнообразием организмов.

Вопреки старому представлению, развитому особенно ботаником Альфонсом Декандром, по которому родину культурных растений приходится искать в тех областях, где находят до сих пор в диком состоянии соответствующие культурные растения, — как показали экспедиции Института прикладной ботаники, направленные в разные концы мира, обнаружилось во многих случаях неувязки современных ареалов диких видов, близких к культурным растениям, и основных генетических баз культурных растений. Фактическое исследование большого числа объектов указывает на существование географического расхождения между культурным объектом и диким.

Дикий ячмень, очень близкий к культурному виду, весьма обычен у нас в предгорном Туркестане и захватывает в своем ареале значительную область, будучи распространен также в Малой Азии, Сирии, Палестине, Афганистане. Однако как раз в этих районах, как показали наши экспедиции, состав культурных ячменей паразитично беден. Целые десятки километров лесовых пространств северного Афгани-

стана покрыты диким ячменем, и тем не менее, как показало непосредственное исследование, культурный ячмень Афганистана чрезвычайно беден разнообразием, а основные очаги формообразования культурного ячменя находятся далеко от Передней Азии — в горной, восточной Африке, в Абиссинии¹, Эритрее² и Восточной Азии.

Дикая пшеница в большом количестве до сих пор произрастает в южной Сирии и северной Палестине. Культурные формы пшеницы во всем их изумительном разнообразии, о котором до недавнего времени не подозревал ботаник, обнаружены у подножия западных Гималаев и в горной восточной Африке, главным образом в Абиссинии.

Такого рода фактов можно привести очень много: дикая морковь занимает огромное пространство от Пиренеев до Гималаев, но фактическая база культурной моркови обнаружена у подножия Гималаев, дикие виды чечевицы и гороха в изобилии произрастают в восточном Средиземноморье, базы же культурных форм этих важных зерновых культур, как показало непосредственное исследование, находятся в Абиссинии и у подножия Гималаев; дикий лен *Linum angustifolium*, наиболее близкий к культурному, целыми зарослями произрастает на Пиренейском и Апеннинском п-вах, а первичные генетические базы культурного льна сосредоточены в юго-западной Азии, в северной Индии.

Решение проблемы первичного местопроисхождения культурных растений путем нахождения соответствующего дикого растения, казавшееся во времена Декандра последним словом науки, ныне, как показало исследование, является только первым приближением к решению проблемы. Фактическим определением базы местопроисхождения культурных растений и животных мы считаем установление действительных древних очагов их формотворения, и самое решение связываем с овладением исходными элементами, многообразием признаков (точнее генов), составляющих линнеевский вид культурного организма. На очередь встала, таким образом, задача точного установления распределения на Земле исходных генов культурных растений и животных, решаемая только путем определения на Земле действитель-

¹ Старое неофициальное название современной Эфиопии.

² С 1952 г. автономное владение Эфиопии.

ной локализации исходного формообразовательного процесса.

Подытоживая в настоящее время наши сведения о локализации формообразовательного процесса на Земле для культурных растений, мы приходим к установлению шести основных мировых очагов Старого и Нового Света³: 1) в юго-западной Азии, 2) в восточной Индии и примыкающих к ней районах, 3) в горном Китае, 4) в Абиссинии, 5) в средиземноморских странах и в 6) в Центральной и Южной Америке.

Изыскания, произведенные экспедициями последних лет, дали огромный материал в доказательство действительного наличия именно в этих областях очагов основного происхождения культурных растений. Для каждого из этих шести очагов можно указать десятки отдельных культурных растений. Задачу точного установления этих основных областей мы считаем первоочередной. Если учесть большое число культурных организмов, приуроченных, как правило, к древнейшим земледельческим очагам, находящимся в почти неисследованных горных и предгорных районах южной Азии, в Кордильерах, в Новом Свете, то ясно, что понадобятся большие усилия, чтобы эту первоочередную задачу выполнить, овладеть исходным материалом.

УТОЧНЕНИЕ ЛОКУСОВ ФОРМООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

До сих пор локализация очагов зарождения культурных организмов удавалась в общих чертах, применительно к крупным областям, каковыми являются установленные нами 6 областей. Ныне мы вступаем в новую фазу более детальной, более точной географической локализации формообразовательного процесса. Исследования одной страны за другой, хотя еще недостаточные, обнаружили во время последних экспедиций и при дальнейшем изучении собранного материала факты поразительно резко выраженной локализации формообразовательного процесса, о которой нельзя было даже предполагать несколько лет тому назад. Исследование юго-западной Азии — Персии⁴, Сеистана⁵,

Афганистана, Индии, Кашмира⁶, Малой Азии, Сирии и Палестины⁷, а также наших среднеазиатских и закавказских республик, проведенное в последние годы, обнаружило факты изумительной приуроченности процесса основного формообразования географически к чрезвычайно малым пространствам. В этом отношении особенно выделяется небольшая область, заключенная между западными Гималаями и Гиндукушем, где находится юго-восточная часть Афганистана и северо-западная Индия⁸. Здесь, на пространстве не более нескольких сот километров в диаметре, оказался заключенным первичный очаг, концентрирующий мировое разнообразие ряда важнейших наших культур, как мягкой пшеницы, зерновых, бобовых растений, льна, моркови и других растений. В мировой геологической складке, образованной величайшими горными хребтами, оказался заключенным изумительный клубок разнообразия возделываемых растений и, прежде всего, главного хлеба Земли — мягкой пшеницы. Любопытно, что вся группа культурных растений характеризуется здесь рядом примитивных черт, как-то: мелкоплодностью, мелкосемянностью, грубым типом колоса, низкой сахаристостью и т. д.

Поразительные факты обнаружены экспедициями С. М. Букасова и С. Ю. Юзепчука в Центральную и Южную Америку. Каждой древней культуре древней Америки оказалась свойственна специфическая группа культурных растений во всем богатстве генами. Главный первичный формообразовательный процесс в Америке приурочен к Центральной и Южной Америке, преимущественно к восточному и западному склону Кордильеров и их отрогов. Но что самое замечательное, это наличие в пределах этого большого очага локусов, каждый из которых характеризуется целой группой видов и даже родов культурных растений, только ему свойственных. Так: 1) Мексике свойственны: главный вид культурного хлопчатника *Gossypium hirsutum*, многоцветковая фасоль; 2) Гватемале — кремнистая кукуруза, *Cucurbita moschata*, *Choita edulis*, какао, дынное дерево; 3) Ко-

³ В а в и л о в Н. И. Центры происхождения культурных растений. Л., 1926.

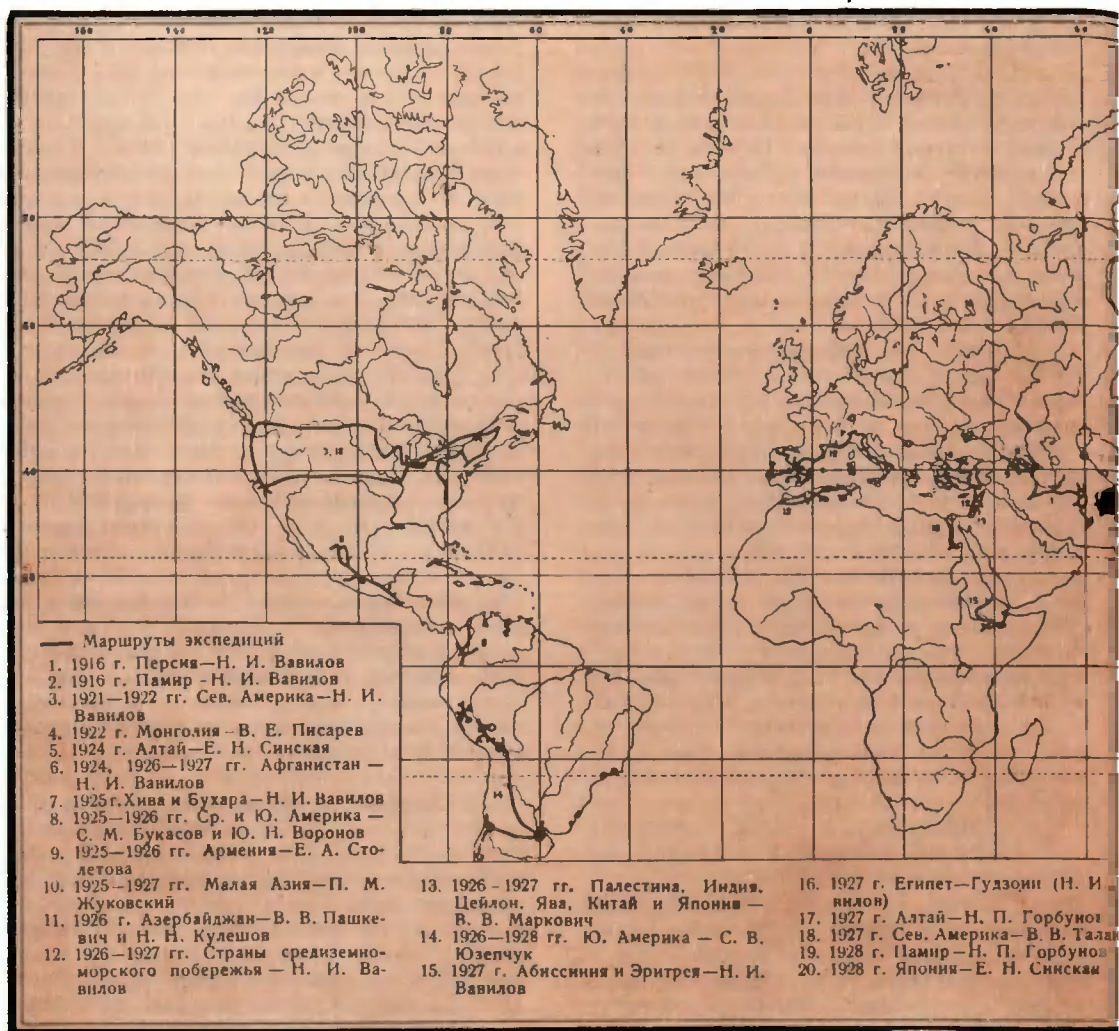
⁴ Название Ирана, употреблявшееся до 1935 г.

⁵ Историческая область в Азии на границе Ирана и Афганистана.

⁶ Историческая область в Азии, расположенная на стыке Гималаев и Тибета.

⁷ Историческая область в Западной (Передней) Азии.

⁸ Ныне это территория Пакистана.



Карта заграничных экспедиций Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур и отдела прикладной ботаники Государственного института опытной агрономии.

лумбия — страна чибчей — является родной аракачи; 4) Перу — родиной съедобных видов *Amarantus*, крупной тыквы; 5) Боливия оказалась очагом картофеля, кинои, *Ullucus* и других клубнеобразующих растений; 6) Южное Чили — вторым очагом картофеля, земляники, мадии и вымершего растения *Bromus taylori*; 7) южная Бразилия — вероятная родина ряда важных растений, как некоторые виды хлопчатника (*G. peruviansis*, *brasiliensis*),

фасоли (*Phaseolus lunatus*); подсолнечник и земляная груша тяготеют к Канаде.

В общем новосветский очаг, в результате детального изучения, оказался состоящим из ряда локусов, как бы из ряда формообразующих кратеров, овладение которыми является первейшей задачей в решении проблемы происхождения культур Америки.

Изучая в 1927 г. горную восточную Африку, нам пришлось установить удивительную локализацию в формообразовании культурных ячменей и пшениц. Любопытнейшие в практическом отношении безостые твердые пшеницы оказались определенно приуроченными к северной части Абиссинии и отсутствующими в южной Абиссинии. Сама Абиссиния географически невелика,



но ей свойственно изумительное разнообразие пшеницы и ячменей, какого нет нигде во всем мире. Уже предварительное изучение устанавливало в этой стране выше 200 различных ботанических разновидностей, каждая из которых состоит из многих форм. Разнообразие их так велико, что даже опытный систематик становится в тупик при классификации их.

Интересные факты узкой локализации обнаружило исследование Пиренейского п-ова. Такие виды культурных растений, как *Avena brevis* и *Avena strigosa*, песчаные овсы, определено в своем формообразовании приурочены к западным отрогам Пиренеев. Восточные Пиренеи, весь Пиренейский п-ов чужды этим видам. Здесь удалось проследить весь генезис этой своеобразной

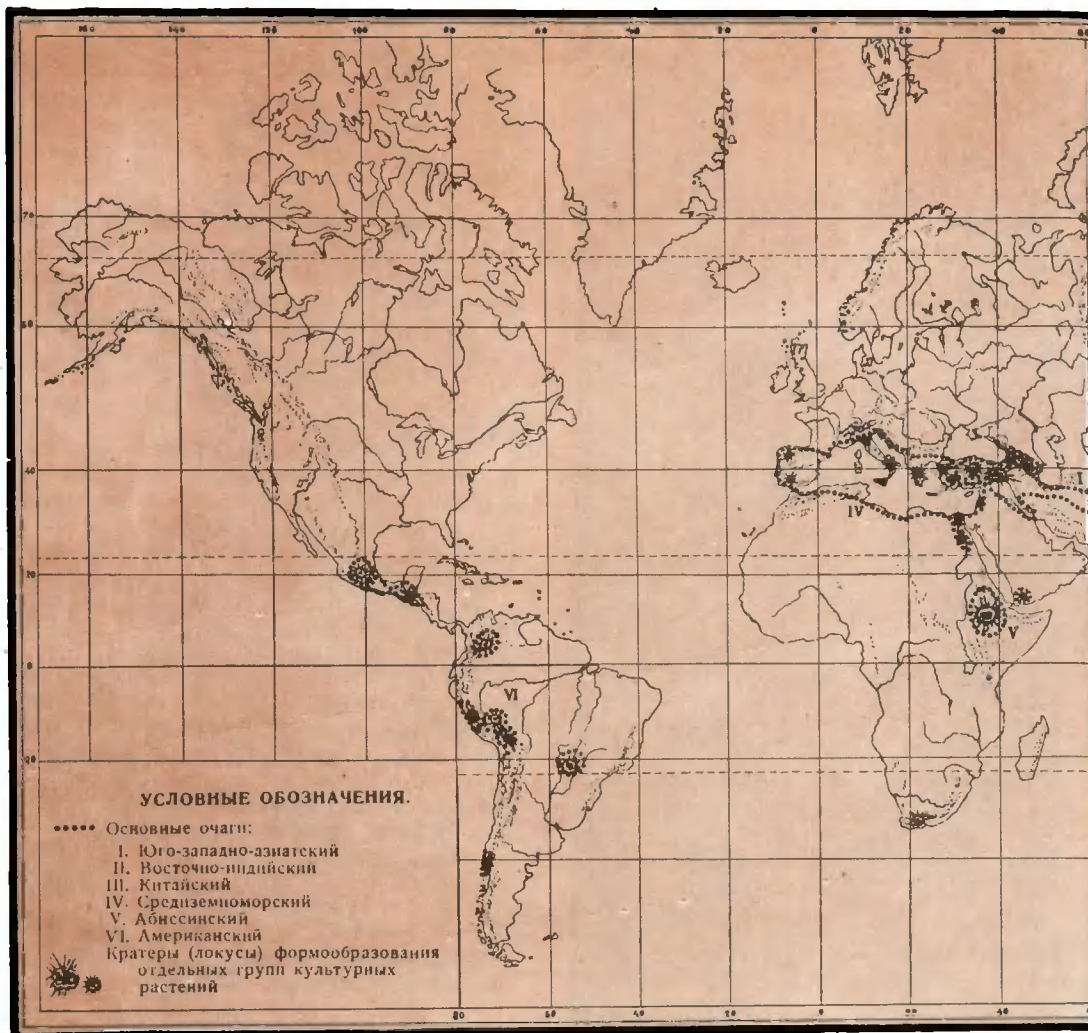
полусорной культурной группы. Какого рода факты вскрывают такого рода исследования, можно судить на примере этих овсов. До последнего времени ботанику были известны 2—3 разновидности, принадлежащие к двум видам *A. brevis* и *A. strigosa*; ныне мы их выделяем несколько десятков.

Дикие родичи плодовых деревьев, как показали предварительные исследования на Кавказе, обнаруживают поразительную локализацию формообразования как в смысле целых линнеевских видов, так и его составных частей. В этом отношении исключительный интерес представляют исследования В. П. Екимова по алыче в Закавказье. То же обнаруживают в Закавказье гранатник, айва, виды груш.

На прилагаемой карте мы попытались наметить локусы в пределах основных очагов. Ориентировочные исследования проведены в Новом Свете, в Африке, Европе и восточной и юго-западной Азии. К сожалению, пока нам осталась почти недоступной юго-восточная Азия, несомненный очаг многих азиатских культур. Во что бы то ни стало в ближайшие годы необходимы исследования этой нетронутой части земного шара. Исследование локусов, очагов формообразования, имеет, по нашему убеждению, огромное научное и практическое значение. Оно приводит к установлению истинных мировых генофондов, аккумуляторов многообразия признаков, или, точнее, генов.

Мы вступаем в фазу детального исследования географии культурных организмов и пока убеждаемся фактически, как ничтожно мало сделано в этом направлении, какие огромные интереснейшие перспективы открываются в этом отношении даже по хорошо исследованным объектам, как пшеница, ячмень, не говоря уже о такой группе, в сущности совершенно нетронутых объектов, как плодовые и огородные растения и в особенности домашние животные. Для нас нет сомнений в том, что только тогда, когда будет закончена мировая работа по определению этих локусов для важнейших культурных растений и животных, можно во всеоружии подходить к проблеме овладения их формообразованием.

На генетическом съезде в ряде сообщений по отдельным культурам можно видеть, какого рода новые важные факты открывают такого рода исследования. Проблема происхождения культурного картофеля, кукурузы, зерновых бобовых, бахчевых культур должна быть пересмотрена совершенно заново. Фактическое изучение собранных материалов экспедициями Бу-



Мировые очаги происхождения культурных растений.

касова и Юзепчука обнаружило ряд новых генетических групп картофеля, отличающихся примерно так же между собой, как отличаются твердая и мягкая пшеница между собой, и о которых не знал до сих пор ни селекционер, ни ботаник. Таким образом, первая фаза наступления на фронте проблемы происхождения культурных организмов под новым углом — это овладение докусами первичного формообразования культурных организмов. На очереди

становится создание питомников сортовых богатств, как бы живых хранилищ генов. Эта задача практически далеко не простая даже в условиях нашей обширной страны, ибо требует большого разнообразия экологических условий, и даже для такого растения, как пшеница, не легко найти для всех групп соответствующие условия в СССР.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КУЛЬТУРНЫХ ОРГАНИЗМОВ

Уже морфологическое изучение очагов формообразования вскрывает поразительное разнообразие, заставляющее заново перерабатывать системы изменчивости отдельных видов. Физиологические исследования добытых образцов, к которым мы приступили, открыли наличие резких конт-



растов. На очередь встает генетическое исследование путем скрещивания, что требует огромной планомерной работы, к которой мы только начинаем приступать. Если учесть большое число объектов, которые входят в круг агрономического ведения, если учесть сотни варьирующих признаков, которыми обычно представлены отдельные линейные виды, не говоря уже о бесчисленных сочетаниях, то можно представить себе весь объем разветвляющейся работы. Генетика пока что только прикоснулась к этому почти нетронутому многообразию. Частная генетика отдельных видов, по существу, еще только впереди. Признаки, которые мы до недавнего времени считали простыми, оказались обусловленными рядом генов, как, например, остистость

пшеницы. Овладевая центрами формообразования, исследователь овладевает прежде всего генами культурных организмов. За внешней однородностью иногда, как показывают исследования, скрывается большое количество генов, определяющих сортовые и разновидностные различия.

Работы Л. И. Говорова показали, что афганский горох, внешне сравнительно однородный, включает в себя, в сущности, все основные гены многочисленных культурных европейских горохов. Установление локусов формообразования для нас прежде всего существенно в смысле овладения мировыми хранилищами генов отдельных видов культурных организмов.

Экотипы. Обыкновенно, вскрытые очаги форм культурных организмов сами по себе мало пригодны для наших экологических условий, они представлены слишком своеобразным сочетанием физиологических и морфологических признаков. Пшеницы Туркестана, Персии и Афганистана, несмотря на поразительное количество варьирующих признаков, сами по себе не могут конкурировать с нашими обычными формами, переработанными вековым отбором естественной и искусственной селекции. Требуется большая коллективная работа по выборке отдельных элементов, перегруппировка их, гибридологический анализ для выделения путем скрещивания отдельных интересных генов. Может быть, это обстоятельство и было причиной того, что до сих пор первичным базам формообразования уделялось мало внимания. Исследователь как бы проходил мимо этих залежей мировых генофондов. Любопытно и то, что, как правило, мировые ресурсы генов находятся в странах, не имеющих экономического значения: мировым капиталом фактически владеют нищие земли: Абиссиния, Афганистан, Боливия, Перу, Чили, Мексика, Китай.

Исследования последних экспедиций, однако, обнаружили, что дело обстоит не всегда одинаково. Добытые последней экспедицией в Абиссинию образцы ячменя, при двухлетнем испытании в разных условиях, оказались исключительно ценными типами, прекрасно произрастающими даже в условиях Крайнего Севера и Белоруссии, конкурируя по продуктивности и по качеству с местными сортами и представляя в готовом виде исключительной ценности сортовой материал. Ряд европейских экотипов полевых и огородных типов обнаружен в готовом виде в Малой Азии...

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В РАССЕЛЕНИИ РАСТЕНИЙ

Непосредственное изучение очагов формообразования привело к выяснению ряда закономерностей в процессе расселения культурных организмов на Земле. Выяснились, на основании большого числа фактов, общие правильности преимущественного отхождения от центра к периферии естественных ареалов рецессивных форм. Первичные очаги, как правило, оказались характеризующимися преимущественно наличием доминантных генов, доминантных признаков. В горных изоляторах на периферии обнаружено выделение рецессивных форм. Процесс географической эволюции культурных организмов действительно обнаруживает как бы развертывание первичного сложного клубка генов. Понятие рецессивности и доминантности в генетике в последнее время подверглось крупным изменениям, но тем не менее для качественных признаков обычно нет затруднений в различии их доминантной или рецессивной природы.

Что практически особенно существенно, это обнаружение факта выделения путем расселения, обособления в ряде случаев чрезвычайно ценных форм, так, например, по исследованиям проф. Кулешова, азиатские кукурузы выбросили при перенесении из Америки в Азию любопытные рецессивы так называемой восковой кукурузы, имеющей большой практический интерес. Данные туркестанской станции обнаружили находение в периферических оазисах культуры хлопчатника интересных рецессивных скороспелых форм его. То же обнаружилось с культурой льна, гороха, которые особенно подробно изучены генетически. По-видимому, древние средиземноморские страны по ряду полевых и огородных культур представляют сосредоточие очень ценных крупнозерных рецессивных форм.

Заходящие признаки. Последние экспедиции обнаружили еще ряд важных фактов, имеющих для генетики особый интерес. В некоторых очагах формообразования найдены любопытные сочетания признаков, которые представляют систематическое захождение одних видов за другие, так, например, в Абиссинии многие пшеницы, которые по внутренней конституции, по числу хромосом, представляют типичные твердые пшеницы, по внешнему же виду не могут быть отделены от мягких пшениц, и любой систематик по внешнему

виду отнесет и относил их до сих пор к мягким пшеницам. О какой-либо гибридации в данном случае между мягкими и твердыми пшеницами говорить не приходится. То же обнаружено в Абиссинии и Эритрее с овсами. Любопытные факты помечены проф. Пангалло для тыкв Южной Америки, которые представляют в некоторых локусах захождение признаков. Другими словами, исследование наталкивается на явление отсутствия дивергенции видов. Процесс формообразования удастся поймать как бы *in statu nascendi*. Для экспериментальной филогенетики такого рода формы представляют особенно большой интерес и, может быть, приведут нас к разгадкам некоторых загадок.

Таким образом, основные локусы формообразования характеризуются не только большим разнообразием, как это мы думали до сих пор, но также, что особенно существенно, наличием большого количества генов доминантных форм, отсутствием дивергенции видов и ясно выраженным процессом отщепления рецессивных форм к периферии процесса формообразования.

Наложение локусов. Пока идет аналитическая работа по определению для отдельных видов их локусов формообразования; по мере накопления фактов встает на очередь синтез данных. Ареалы разнообразия отдельных видов, локусы отдельных видов накладываются друг на друга, и мы приходим к установлению на Земле ряда как бы фокусов, из которых лучами расходилось сортовое разнообразие. Некоторые из этих фокусов заключают в себе формообразовательный процесс огромного количества видов. В этом отношении нами довольно подробно изучен замечательный локус около подножия западных Гималаев и Гиндукуша, где сосредоточен основной формообразовательный процесс как мягкой пшеницы, так и большей части трибы *Viciaeae*.

Помимо упрощения понимания географии формообразовательного процесса, установление этих локусов приводит нас логически к проблеме установления самостоятельных очагов земледельческой культуры и позволяет заново подойти к истории земледелия. Элементарная схема, которой держалась до сих пор наука, о том, что начало земледельческой культуры надо искать в районах Месопотамии, Сирии и Палестины, где найдена дикая пшеница, совершенно не соответствует фактическому распределению мировых очагов культурных растений, и несомненно проблема истории земледелия должна быть переработана

совершенно заново, а в связи с этим мы, очевидно, стоим накануне общей ревизии наших исторических представлений об истории культуры человечества.

Установление локусов приводит нас к фактам, которые заставляют подвергнуть всю проблему происхождения культурных видов растений и животных основательной ревизии. Тоторый из восьми мелких очагов Нового Света считать более древним, не представляется возможным решить в настоящее время. Совершенно определено, что важнейший хлеб Земли — пшеница — в своем исходном, основном формообразовании разорван между двумя континентами: между Африкой и Азией. Одна часть их, обнимаемая группой мягких пшениц, находится в складке между Гималаями и Гиндукушем; другая находится на горном плато в Абиссинии. Каждая из этих групп представляет типичный линнеевский вид. В случае с пшеницей мы имеем определенную дивергенцию на два линнеевских вида. Для других культур по отношению к тем же мировым очагам мы имеем только дивергенцию генов, а в третьем случае мы имеем позаимствование культур в том или другом направлении.

Чтобы понять такого рода факты дивергенции, которые являются совершенно бесспорными, приходится исторический процесс происхождения важнейших культурных растений Земли отодвигать не только в глубь исторических времен и даже археологических эпох, но еще дальше вглубь, ибо понять процесс расхождения, дивергенции видов пшеницы можно только, апеллируя к геологическим срокам. Для нас нет никаких сомнений в том, что начатки земледельческой культуры разновременно, иногда и одновременно, возникали в разных областях там, где имелись элементы для создания земледельческой культуры. Отодвинутая в глубь времен проблема происхождения культурных организмов тем не менее становится более ясной, более конкретной, ибо только разобравшись пространственно в локализации генов, нам думается, можно серьезно приступать к проблеме реконструкции исторического процесса видообразования.

ЦЕНТРЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ И СЕЛЕКЦИЯ

Мы остановились на проблеме происхождения прежде всего с географической стороны, ибо происхождение культурных растений и животных связано прежде всего с пространством и временем. Геогра-

фической локализации формообразовательного процесса уделялось слишком мало внимания. Для овладения элементами формообразования географическое решение имеет, но нашему убеждению, огромное и теоретическое и практическое значение в смысле овладения исходным материалом для формообразования.

Современная генетика подходит к проблеме происхождения преимущественно с иной стороны: в смысле выяснения динамики формообразования, безотносительно к пространству. Бесспорно велики достижения в этой области. Метод гибридизации, широко практикуемый современным генетиком и селекционером, открыл широчайшие перспективы. В самое последнее время, при большом участии наших ученых, обнаружены факты исключительного значения по восстановлению плодovitости отдельных междувиовых и даже междуродовых гибридов путем полиплоидии. Работы Карпеченко, Эгиза, Саратовской и Одесской станций открывают новую эру в овладении, путем скрещивания, созданием совершенно новых видов. Перекинут мост через пропасть, которая отделяла до последнего времени линнеевские виды и роды. Эта группа исследований имеет также огромное значение для выяснения проблемы происхождения культурных организмов.

Явление мутаций, по-видимому, более широко, чем мы думали до недавнего времени, и на этом съезде вы слышите любопытные данные о частых мутациях у таких объектов, как, например, картофель, не говоря уже о перспективах, открытых в прошлом году американскими исследователями. Фронт общего наступления в решении основных проблем видообразования и формообразования культурных организмов идет в двух направлениях: в направлении овладения строительным материалом и в направлении изучения строительного искусства.

Химия дает, как всегда, особенно близкую аналогию биологу. Современному биологу-генетику так же, как и химику, приходится одновременно изучать и распределение элементов на Земле и в мировом пространстве, геохимию в широком смысле слова, и в то же время вести исследования по изучению превращений элементов.

Из краткого обзора общей проблемы можно видеть, какой необъятный простор научной работы открыт перед исследователем нашего времени, и нет никаких сомнений в том, что на фронте овладения видом и процессом формообразования мировой наукой в самое ближайшее время будут одержаны большие победы.

Природа

1933, № 3—4

К ВОПРОСУ О СООТНОШЕНИИ МЕЖДУ ФИЗИЧЕСКИМИ И ХИМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ¹

Н. Н. Семенов



Николай Николаевич Семенов (р. 1896 г.), выдающийся советский физик и физико-химик, академик (с 1932 г.), директор Института химической физики АН СССР (с 1931 г.). Лауреат Государственных (1941, 1949) и Нобелевской (1956, совместно с С. Хиншелвудом) премий, дважды Герой Социалистического Труда.

Основатель и глава советской школы химической физики. Одно из крупнейших достижений советской науки — открытие Н. Н. Семеновым в 1926—1932 гг. разветвленных цепных химических реакций лавинообразного характера и цепного воспламенения (взрыва).

Созданная им общая теория разветвленных и неразветвленных химических реакций сыграла основополагающую роль в развитии современной химической физики.

Давая разрешение на перепечатку этой статьи в юбилейном выпуске «Природы», Н. Н. Семенов сделал небольшие дополнения.

1. ВОПРОС о возможности или невозможности сведения химических сил к физическим, несомненно, сильно изменился за последние 30 лет. Физикам удалось доказать, что атомы состоят из электронов и протонов. Этот результат — есть результат, так сказать, аналитический. Атом может быть разложен на такие-то составные части. Это обстоятельство само по себе, конечно, не оправдывает заключение о том, что атом может быть составлен из электронов и протонов наподобие того, как здание составляется из кирпичей.

Между тем многими учеными и популяризаторами именно такое заключение было сделано. Это представление о протонах и электронах как кирпичиках мироздания было очень распространенным и популярным. Атом представлялся в виде определенной архитектуры постройки из электронов и протонов, причем силы, связывающие эту постройку, составлялись как суперпозиция сил отдельных электронов и протонов.

Каждый из протонов и электронов окружен в изолированном состоянии определенным силовым полем, обычно определяемым электрическим потенциалом поля в различных участках вокруг заряженной частицы. Так вот, с точки зрения «кирпичей мироздания», электрические поля внутри атома, поля, цементирующие атомную постройку, просто складываются из полей отдельных протонов и электронов: электрический потенциал внутри атома в данной его точке определялся как сумма потенциалов отдельных его составных частей.

Такая чисто механическая концепция в самой определенной форме утвердительно отвечала на вопрос сводимости химии к физике. С этой точки зрения никакой ка-

чественной разницы между различными атомами нет, и самое образование атомов суть игра чисто физических электростатических сил. Далее силы между атомами — химические силы, приводящие к образованию молекул, представлялись как силы чисто электростатические, и, следовательно, все особенности химических сил сводились к электростатике.

Атомная теория Бора, в сущности, пробила трещину в указанной выше простейшей механистической концепции уже на первых ее шагах. Расположение электронов в различных атомах оказалось совершенно определенным, причем этот вид архитектурной постройки не определялся непосредственно электростатическими силами внутри атома, но как бы был навязан ему извне. В пространстве вокруг ядра атома были как бы проделаны заранее канавки, по которым и только по которым могли вращаться вокруг ядра электроны. Новые квантовые законы, не вытекающие из электростатики, были обнаружены внутри атома. Однако, хотя каждый атом и обладал своей системой канавок и расположение этих канавок скачком менялось при переходе от атома одного элемента к следующему, скачок этот был результатом скачкообразного изменения заряда ядра, т. е. результатом атомного строения электричества — не больше. Квантовые законы усложнили по сравнению с чистой электростатикой физические законы взаимодействия электронов и протонов, но, поскольку они являлись функцией заряда ядра, не было никаких оснований говорить о специфике химических сил.

Новая квантовая механика совершенно разрушила представление об аддитивной суперпозиции электрических сил внутри атома. Она в значительной мере разрушила понятие об индивидуальности электронов внутри атома. Два электрона в квантовой механике — это некая новая целостная система, очень мало общего имеющая с суммой двух отдельных электронов.

Система как новое целое, со своими свойствами, присущими системе, свойствами, по крайней мере прямо не складывающимися из свойств компонентов системы, — есть квантовое понятие, которое противоречит чистому механизму в естествознании. Однако это новое положение вещей одинаково относится к физическим явлениям взаимодействия электронов, к взаимодействию нереагирующих молекул (пара электронов не есть простая сумма двух электронов, молекула H_2 не есть простая сумма

¹ Этот вопрос, особенно одна часть его, связанная со специфическими особенностями динамики химических превращений, давно интересовал меня. Однако научная и организационная работа не позволила мне до сего времени заняться детальным и серьезным анализом этого вопроса. На это нужно было время, тем более потому, что требовало серьезного пополнения моего философского образования.

Предложение редакции написать статью застало меня врасплох, и мне пришлось вместо серьезной работы написать лишь ряд набросков, ряд недодуманных до конца мыслей. Эта статья скорее всего представляет ряд этюдов к будущей работе. Ее надо рассматривать не как готовую продукцию, но как работу, находящуюся в стадии производства.

двух атомов Н), так и к химическим явлениям генезиса элементов и построения из них химических соединений. Новая квантовая механика, подняв на гораздо более высокую ступень вопросы электрического взаимодействия частиц, по-прежнему считает, что природа химических сил носит электрический характер.

Выходит так, что никакой принципиальной разницы между химическими и физическими силами в атомах и молекулах нет, но на этот раз уже не потому, что химические явления могут быть легко сведены к простейшим физическим, а потому, что несводимость является общим для химии и физики положением дел, так как уже элементарные физические явления (система двух электронов) не сводятся к более простым (сумма двух электронов).

Было бы крайне интересно, если бы кто-либо из философов или естествоиспытателей глубже занялся этим интереснейшим вопросом о взаимоотношении химических и физических сил, потому что мы имеем сейчас громадный теоретический и экспериментальный материал по вопросу о строении атомов и молекул, материал, позволяющий весьма основательно углубиться в его критический философский разбор. Я сам этого анализа не производил и ставлю в этой статье совсем иную задачу.

2. Задача эта заключается в том, чтобы показать, что нахождение глубоких различий между химическими и физическими явлениями следует искать на совсем другом пути.

Строение и поведение изолированных атома и молекулы, равновесной, не подверженной внешним силам системы, относятся к статическим проблемам естествознания.

Эти идеализированные системы, весьма возможно, могут быть исчерпывающе описаны с помощью физических законов квантовой механики (строение атома и молекулы) и термодинамики (поведение системы). Совсем другое мы получим, если вместо статики системы мы будем рассматривать ее динамику, сосредоточение внимания не на равновесных состояниях, а на процессах², текущих во времени, если мы будем рассматривать элементы в процессе

их генезиса или химические вещества в процессе их превращения. Здесь, как я хочу показать, имеет место существенное различие между физическими и химическими явлениями, и именно здесь, как мне думается, лежат качественные различия между разными науками (физика, химия, биология). Показать это не так-то легко, так как вся система наших точных наук, целиком приспособленная к решению именно статических, или равновесных задач, обнаруживает поразительную беспомощность и неспособность к решению вопросов, связанных с течением более или менее сложных процессов. Только простейшие процессы были предметом теоретического изучения. Движение тел в механике и движение больших масс электричества в электродинамике, явления распространения электромагнитных волн, в частности света, и распространение тепла и диффузии — этим, по-видимому, ограничен список групп процессов, где мы имеем твердые, научные, опорные точки для их теоретического рассмотрения.

3. Прежде чем переходить к дальнейшему, я хотел более подробно обосновать мое утверждение о том, что, к великому сожалению, современная физикохимия не пошла дальше теоретического разбора статических, или равновесных систем.

Прежде всего несомненно, что термодинамика — одно из главных теоретических орудий физики и химии — ничего не может нам дать в разборе динамики процесса. Хотя это и довольно очевидно, все же, поскольку самое название этой науки претендует на динамичность ее и поскольку, как мне известно, многие ошибочно считают, что термодинамика дает нам сведения о течении процесса, я считаю нелишним остановиться на этом вопросе.

Всем известно, что термодинамика позволяет производить вычисление лишь с системами, находящимися в состоянии равновесия, для которых вариация энтропии $= 0$.

Поэтому при рассмотрении какого-либо процесса, будь то процесс работы тепловой машины, будь то процесс горения угля, мы принуждены разбивать процесс на ряд равновесных состояний, создавая искусственно такие условия, при которых процесс не может развиваться самопроизвольно, но обязан идти с некоторой плавной заданной достаточно медленной скоростью. Немудрено поэтому, что [в общем виде]³ термодинамика может только указать направление процесса, может дать

² Уже такие процессы, как испарение и конденсация, растворение и кристаллизация, адсорбция газов теоретически не осмыслены. Еще в гораздо большей степени это относится к процессам химического превращения, где до последнего времени вообще отсутствовали какие-либо общетеоретические попытки их рассмотрения.

известные соотношения между начальным и конечным состояниями, но ничего не может сказать о скорости и прочих особенностях живого процесса, самопроизвольно развивающегося так, как это реально происходит в природе и на практике. Например, тот же самый уголь в присутствии кислорода может лежать годы и не превращаться в CO_2 , хотя термодинамически это состояние неустойчиво. Он может в определенных условиях медленно окисляться в течение долгого срока, он может наконец воспламениться и сгореть весьма быстро. Обо всем этом, почему один раз процесс идет так или иначе, почему, если уголь загорелся, то горение идет с такой-то скоростью и т. д., термодинамика ничего не может сказать. Она ничего не может сказать и о характере развития процесса. Она может сказать только то, что уголь когда-нибудь да окислится, что при переходе $\text{C} + \text{O}_2$ в CO_2 выделится столько-то тепла и будет произведена такая-то работа⁴.

Точно так же в процессе испарения термодинамика может дать ответ, что данное твердое или жидкое вещество будет испаряться, и этот процесс закончится, когда упругость пара будет такая-то; далее, в результате этого процесса система охладится на столько-то градусов.

Вопрос же о том, как во времени развивается процесс испарения, с какой скоростью он идет, прежде чем будет достигнута равновесная упругость пара, термодинамика оставляет открытым.

Только связь между конечным и начальным состояниями и отнюдь не развитие процесса во времени описывает термодинамика.

В качестве другого примера разберем подход химиков-классиков к вопросу о кинетике химического превращения. Они обычно изучают, какая перегруппировка атомов внутри реагирующих молекул имеет место, по какой из связей происходит разрыв молекулы и присоединение частей другой молекулы, с которой первая реагирует. Т. е. вопрос кинетического превращения подменяется вопросом статического порядка — вопросом о сравнительном анализе структуры начального и конечного состояний. Когда делается совершенно

ясным, что прямой переход из начального состояния в конечное невозможен, то делаются предположения о некоторых промежуточных веществах, которые [если они не слишком неустойчивы] затем часто действительно наблюдаются на опыте. Таким образом, и здесь теоретически кинетический процесс разлагается на ряд статических состояний.

Вопрос же о том, что делается с молекулой в промежуток между этими состояниями, какие законы действуют в момент самой реакции, чем определяется скорость этой реакции и т. д., остается открытым.

Ограничимся этими примерами статического характера подхода нашей науки к динамическим явлениям.

4. Я уже указывал, что простейшие физические процессы, как течение тепла, электричества, диффузия, распространение электромагнитных волн, получают удовлетворительное решение на базе наших научных познаний.

Когда у нас поток тепла течет через слой газа под действием разности температур, то мы имеем, конечно, неравновесный случай. Мы имеем случай простейшего процесса. В частности, распределение скоростей молекул в таком газе будет несколько отлично от Максвелл-Больцмановского. Понятие температуры теснейшим образом связано именно с равновесным Максвелл-Больцмановским распределением⁵. Строго говоря, мы не можем вообще говорить о температуре в газе, через который течет поток тепла. Однако нетрудно показать, что в этом случае мы можем с совершенно достаточным приближением считать, что в каждом слое газа — своя определенная температура и учитывать поток тепла через производную этой местной температуры по соответствующей координате. Неравновесное состояние мы рассматриваем как ряд расположенных в пространстве равновесных состояний с различными температурами, а затем учитываем откло-

⁵ Заметим, что перечисленные простейшие процессы являются несомненно физическими. Уже такие процессы, как конденсация и испарение, адсорбция, растворение являются предметом физико-химии. Я полагаю, что эти последние процессы можно отнести к группе химических процессов, и потому в дальнейшем буду противопоставлять физические процессы теплопроводности, электропроводности и т. д. процессам химическим и буду искать качественной грани между этими простейшими физическими процессами и химическим процессом превращения веществ.

³ Здесь и далее текст в квадратных скобках внесен автором в 1977 г. при подготовке данной публикации.

⁴ [Она может только сказать, что химическая реакция может идти в сторону уменьшения свободной энергии или в сторону увеличения энтропии]

нения от равновесия с помощью изменения этой температуры в пространстве. Таким именно образом получаются дифференциальные уравнения простейших физических процессов.

5. Громадный путь был пройден наукой, прежде чем ей удалось вполне овладеть описанием и пониманием равновесных состояний. Целый ряд понятий, к которым относятся, например, температура и давление, был создан для этого. Эти понятия были созданы так, чтобы они характеризовали состояние любой системы. Эти параметры не зависят от природы этой системы. Нет отдельной температуры для водорода или кислорода.

Состояние системы характеризуется некоторой выраженной в виде уравнения связью между этими параметрами. Эти уравнения состояния имеют общий для различных веществ вид. Индивидуальность системы учитывается через некоторые постоянные коэффициенты, которые также входят в уравнение состояния.

Так, уравнение Ван-дер-Ваальса $\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT$ дает общую для всех газов связь между параметрами давления p , объема v и температуры T . Однако в него входят постоянные a и b , зависящие от рода молекул, из которых состоит система. Таким образом, для создания физики и физической химии равновесия, науке пришлось наряду с параметрами систем создать ряд новых понятий, наиболее удобным образом характеризующих природу вещества. Сюда относятся целый ряд характерных постоянных как теплоемкость, постоянные a и b Ван-дер-Ваальса, теплоты испарения и т. д.

В области химии равновесных состояний, именно в учении о различных формах, в которые комбинируются атомы, и свойствах этих новых веществ, мы имели также подобное же положение вещей. Правда, в химии законы менее четки и ясны, не облечены обычно в строгую математическую форму, но это не меняет сущности дела. И здесь был создан ряд новых понятий, как валентность правила стереохимии, периодический закон и т. п. И здесь эти понятия годились лишь для статической системы и теряли смысл во время химического процесса.

6. Теория строения и химическая термодинамика, несомненно, сыграли весьма большую роль в развитии химической технологии, в частности, в техническом синтезе новых материалов, соевом деле, частично в доменном процессе и т. д. Од-

нако не представляет никакого сомнения, что именно химическая кинетика, задача о скорости превращения и выходе нужного продукта является самым острым, самым основным техническим вопросом.

Поскольку, как это было указано выше, наука не давала возможности теоретически осмыслить вопросы химической кинетики, химическая промышленность пошла по пути грубой эмпирики, по пути отыскания рецептуры, обеспечивающей надлежащую быстроту и хороший выход продукта, махнув рукой на теорию, которая не только не освещала новых путей, но не могла даже удовлетворительно объяснить отдельных блестящих результатов, полученных промышленностью...

Как это не похоже на точки зрения великих ученых (например, Вант-Гоффа), которые создавали основы теории строения и теории равновесия, теорий, на много десятков лет давших богатые руководящие нити в руки техников. Я хочу на двух примерах показать, что высказанные мною выше соображения действительно имеют место.

Основным орудием химической промышленности являются катализаторы, твердые вещества, помещаемые в зону реакции, не принимающие в ней видимого участия, но колоссально увеличивающие скорость реакции, понижающие температуру процесса и позволяющие часто получить тот или иной конечный продукт по нашему желанию. Тонкое и действительно могучее средство. Половину химических производств (например, синтез аммиака) вообще не было бы возможно наладить без катализаторов, другая же половина без них работает в гораздо менее выгодных условиях (например, серная кислота).

Прошло сто лет со времени открытия каталитического действия; и вот сейчас ученые так же мало понимают, почему вообще идет катализ, как это было сто лет назад. Не понимая самой сути явления, мы, естественно, не можем дать никаких указаний о рациональном выборе катализатора, и технически не остается ничего другого, как находить нужный катализатор, пробуя тысячи веществ в том порядке, как они стоят на полках химической лаборатории. Научных работ по катализу выходят тысячи, но в результате всех их не создается никакой теории. Лучшие из них выходят из промышленных лабораторий (например, I. G. Farbenindustrie), что естественно, так как, если уже наука плетется здесь в хвосте производства, так чем ближе к хвосту, тем все-таки лучше.

Между тем нет сомнения, что, идя по такому эмпирическому пути, промышленность далеко не дошла до того предела использования каталитического метода, который поставлен нам природой. Наоборот, природа учит нас тому, что в ее распоряжении (например, в бактерии) имеются такие катализаторы, которые могли бы, если бы мы ими овладели, буквально перевернуть всю технику.

Другой пример: газовый взрыв. Мы пользуемся им широко в двигателях внутреннего сгорания — едва ли не главной машине современности. Самое основное в нем — это химический процесс сгорания в цилиндре, а именно этого процесса мы и не знаем. Мы можем изменить конструкцию двигателя, мы можем рассчитать его тепловой баланс, но мы не умеем по нашему желанию менять развитие во времени самого процесса сгорания, а именно это последнее играет решающую роль в работе и коэффициенте полезного действия двигателя. Важнейший вопрос кинетики горения и механизма взрыва для нас неясен, и именно это мешает нам рационально построить двигатель и рационально выбирать и изменять топливо.

Между тем практики уже давно почувствовали, что не только тепловой эффект взрывной реакции, но и характер кинетики сгорания имеет решающую роль. Различные топлива, имеющие тот же тепловой эффект, дают, однако, совершенно различную работу двигателя. Так, бензол позволяет получить гораздо больший коэффициент полезного действия, чем бензин. В биологии хорошо известно, что не только калорийность пищи, но и ее состав, а также содержание в ней тех или иных веществ, например витаминов и т. п., имеют громадное значение для поддержания жизни живых организмов.

Двигатель, в известном смысле, подобен человеку, процесс сгорания в нем есть основной «физиологический» процесс. Состав горючего — состав пищи — этого «организма» играет в его работе важнейшую роль. В частности, подобно тому как качество пищи определяется часто совершенно ничтожными количествами некоторых веществ (например, витаминами), подобно тому как деятельность живого организма определяется в значительной мере ничтожными по количеству внутренними секретами, подобно этому некоторые малые примеси к горючему существеннейшим образом влияют на работу двигателя. Техники и это давно заметили и, испытав много тысяч веществ, нашли

известное число таких, которые, будучи примешаны к бензину в количестве 0,5%, а, значит, по отношению к смеси бензина с воздухом в еще гораздо более малом количестве, повышают более чем на 10% коэффициент полезного действия двигателя.

Почему это происходит, как влияют эти примеси на кинетику сгорания — мы почти не понимаем.

Это задача чисто кинетическая, и, как всегда в этих случаях, наука пасует. Между тем ясно, какого прогресса в области двигателей внутреннего сгорания и какой экономии горючего в смысле замены высокосортного топлива менее благородным мы могли бы достигнуть при ясном понимании механизма кинетики горения.

Из этого примера с двигателем человек непредубежденный сделает заключение, что этот двигатель, работающий на химической энергии, столь же отличен от физического двигателя — динамомшины, как и от живого двигателя — организма. Чем глубже мы проследим кинетику химического превращения, тем больше будем убеждаться в специфическом отличии химического процесса от процесса физического (движение электричества, распространение лучей, движение тепла и материи). Я не могу здесь, к сожалению, подтвердить это примерами, которых мы имеем неисчислимое количество.

7. Процессы механические, процессы тепловые, электрические и оптические описываются уравнениями в частных производных, дающих связь между изменением какой-либо величины (температуры, электрического напряжения и т. п.) во времени и в пространстве. Например, движение тепла через среду между двумя бесконечными плоскостями описывается уравнением

$$c \frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 t}{\partial x^2},$$

где c — теплоемкость, k — коэффициент теплопроводности вещества, через которое течет поток тепла, T — температура в данной точке пространства в данный момент времени, t — время, x — расстояние от плоскости $x=0$. В такого типа уравнениях время играет роль координаты, подобной координате x . Как выбор начала координаты \hat{t} , так и выбор начала координаты x произволен и ничего не меняет в уравнении. Действительно полагая $t' = t - t_0$ и $x' = x - x_0$ мы получаем то же уравнение

$$c \frac{\partial T}{\partial x'} = k \frac{\partial^2 T}{\partial x'^2}.$$

Уравнения наши, давая

связь между изменением величины T во времени и пространстве, совершенно не заключают в себе «истории» развития процесса. Эта история развития процесса на первый взгляд учитывается в начальных условиях, при которых интегрируется уравнение. Например, начальные условия могут быть таковы: в момент $t=0$ левая пластина имеет температуру

$$T = T_1,$$

а вся среда и правая пластина имеют температуру $T = T_0$. Далее, с течением времени температуры T_1 и T_0 на пластинах поддер-

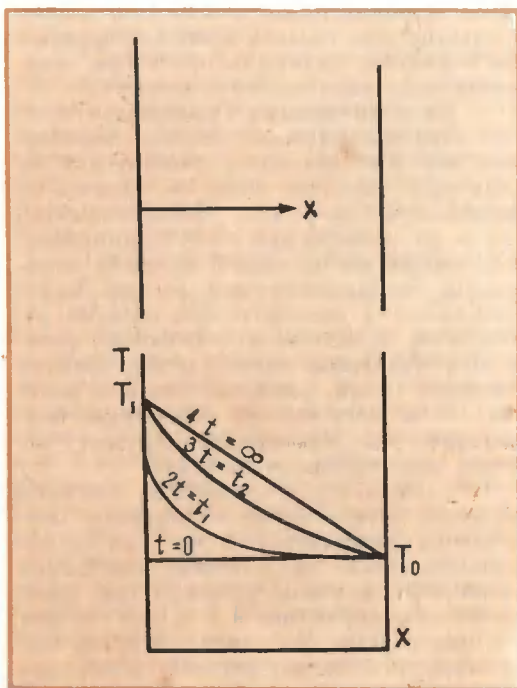


Рис. 1.

живаются постоянными, распределение же температур в среде постепенно меняется, пока при $t = \infty$ не достигается равномерное падение температуры, как это видно из серии кривых рис. 1.

Таким образом, хотя в самом дифференциальном уравнении история процесса не учитывается, при интегрировании уравнения эта история учитывается, поскольку решение задачи, отвечающее моменту t_2 , существенным образом зависит

от промежутка времени $t_2 - t_0 = t_2$, прошедшего от начала процесса. Однако этот учет развития процесса отличается одной замечательной особенностью. Если мы знаем, что в некоторый момент времени t_2 температура распределена по кривой 3 (рис. 1), и не знаем, при каких условиях начался процесс, то мы не можем ничего сказать о том, в какой же момент t_0 процесс начался и сколько времени он длится. То же самое распределение температур, изображенное кривой 3 , мы получим, например, в двух случаях: а) если процесс

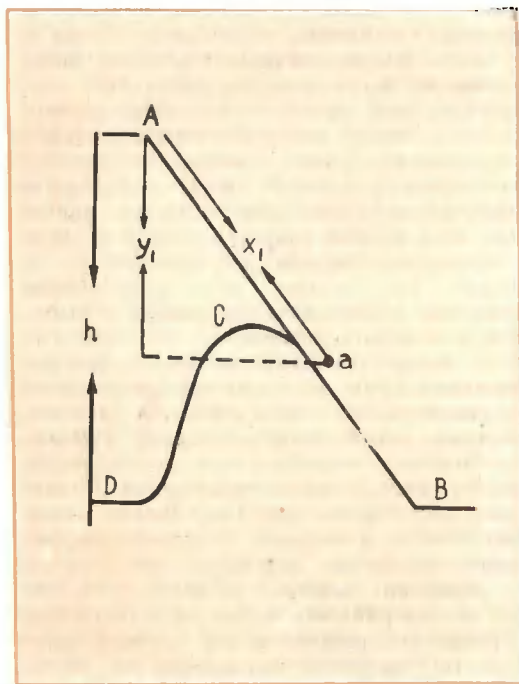


Рис. 2.

начался в момент $t=0$ при начальном распределении температур, указанном выше, б) если процесс начался в момент $t=t_1$ при начальном, искусственно заданном, распределении температур, изображенном кривой 2.

Эта особенность учета истории в уравнениях механики и математической физики еще проще может быть иллюстрирована на механическом примере. Допустим, шар a катят по скату AB (рис. 2).

Согласно уравнению механики его скорость v определится уравнением

$$\frac{1}{2} \frac{dv}{dt} = g \cos \alpha,$$

где g — ускорение силы тяжести. Интегрируем это уравнением

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \frac{dv}{dt} &= \frac{1}{2} \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = \\ &= \frac{1}{2} v \frac{dv}{dx} = \frac{dv^2}{dx} = g \cos \alpha, \end{aligned}$$

откуда

$$v^2 - v_0^2 = g \cos \alpha (x - x_0).$$

Здесь v_0 есть начальная скорость шара в том месте горки x_0 , откуда он начал свое движение.

Так как $x \cos \alpha = y$ (координата по вертикали), то $v^2 = g (y - y_0) + v_0^2$.

Пусть нам известно, что шар в данный момент находится в положении x_1 или y_1 и движется, например, со скоростью $v^2 = g y_1$. Можем ли мы сказать, сколько времени он уже находится в движении. Конечно — нет. Мы можем только связать, что его начальная скорость была связана с координатой условия $v_0^2 = g y_0$. Возможно, что шар начал двигаться от точки А, где $x_0 = y_0 = 0$ с начальной скоростью $v_0 = 0$, а может быть он только что начал двигаться из точки x_1 , а скорость $v = v_1 = g y_1$ задана ему шелчком пальца.

Наконец, он мог двигаться вообще по совсем другому пути CD. Для этого нужно только, чтобы в точке С ему была задана скорость $v^2 = 2gh$.

Таким образом, относительность координаты времени сохраняется и при интегрировании уравнения механики и физики.

Я хочу показать, что при описании химических процессов мы не можем обращаться с временем так просто. История процесса, его длительность может играть там самую существенную роль.

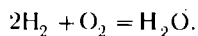
Чтобы пояснить мысль, я приведу один пример, который, несмотря на его видимую наивность, очень хорошо иллюстрирует мою точку зрения на химический процесс. Допустим, что вместо шара у нас бежит с горки человек. Допустим, что он пробегает место с координатой x_1 с совершенно определенной скоростью v_1 . Если бы это был не человек, а катящийся шар, то дальнейшее его движение до подошвы горы

В было бы predetermined независимо от предыдущей истории движения шара. В случае бегущего человека дело обстоит совсем иначе. Если, например, прежде чем добежать до точки x_1 он взбежал на горку CD, то он уже запыхался. В результате этого ему придется постепенно убавить скорость и он добегит до подошвы горы в более долгий срок, чем если бы он выбежал из x_1 со свежими силами. Предыдущая история играет здесь самую решающую роль.

Если бы мы могли составить математически уравнение движения человека, то оно не было бы дифференциальным уравнением, но представляло бы собой скорее вид функциональной связи, где изменение скорости в данный момент зависело бы от всех тех скоростей, с которыми бежал человек в течение всей предыдущей истории его бега.

Таково же положение вещей и в химическом процессе, исключая лишь некоторые простейшие из них.

Как мы увидим ниже, течение химической реакции связано с весьма заметными отклонениями от Максвелл-Больцмановского равновесного распределения скоростей и энергии между молекулами. В результате этого сама система, с которой мы имеем дело, меняется с течением времени; и естественно, что уравнения, определяющие скорость, не будут простыми функциями концентрации начальных и конечных продуктов. Происходит это по следующей причине. Хорошо известно, что не все молекулы реагируют, но лишь те, которые в силу каких-либо причин обладают повышенным значением энергии. Число таких активных молекул очень мало. Если бы было наоборот, то число этих активных молекул однозначным образом определялось бы мгновенными концентрациями (C_1, C_2, C_3) реагирующих веществ. В таком случае скорость реакции зависела бы только от них и могла бы быть выражена как функция (C_1, C_2, C_3 и т. д.). В этом случае вопрос о времени развития процесса не играл бы существенной роли, и скорость реакции, например $H_2 + O_2$ определялась бы исключительно наличием определенных парциальных давлений (H_2), (O_2) и (H_2O), независимо от того, смешали ли мы их только что или вода образовалась в результате длительно протекавшей реакции соединения



Другое дело, если сама реакция вызывает изменения в числе активных молекул. В таком случае качество вещества, в смысле его реактивной скорости, меняется во времени и сами по себе величины концентрации, взятые без истории их изменения, не будут определять скорости процесса. Положение дел здесь таково, как если бы, например, само понятие температуры менялось с течением процесса теплопроводности. Если бы так это было, то ясно, что простые дифференциальные уравнения не были бы пригодны для решения задачи.

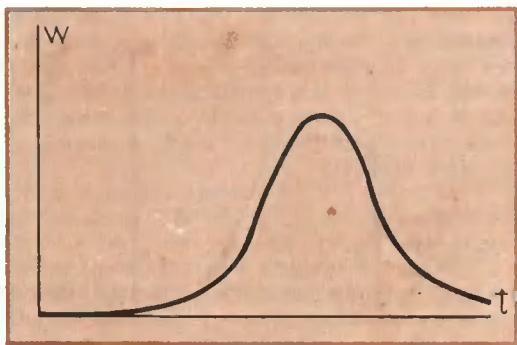


Рис. 3

Опыт показывает, что при реакции $\text{H}_2 + \text{O}_2$ имеет место именно второй случай. Скорость реакции определяется отнюдь не действующими концентрациями H_2 , O_2 и H_2O .

Я приведу для примера несколько фактов.

Если взять и впустить в пустой сосуд, нагретый до $450\text{--}500^\circ$, смесь H_2 и O_2 , то реакция совсем не идет, пока давление смеси меньше некоторой критической давлений P_{min} (около 3 мм ртутного столба). Если давление чуть превышает P_{min} , идет очень быстрая реакция, заканчивающаяся в течение секунды и меньше. Уже сам по себе этот факт поразителен. Если теперь посмотреть, как развивается реакция в продолжении этой одной секунды, то оказывается, что сперва в течение некоторого времени она совсем не идет, а затем начинает постепенно возрастать,

достигает максимума и вновь падает до 0 (см. рис. 3). В течение периода индукции τ концентрации веществ остаются постоянными, между тем система за это время существенно меняется. Пока не прошел этот период, она не готова к реакции; когда он пришел, реакция наступает.

Это явление периода индукции является одним из многих примеров, которые дают нам уверенность говорить о роли всех предшествующих состояний химической системы (будем это называть «историей системы») реакции.

Между прочим, явление периода индукции само по себе очень распространено. Например, оно встречается во всех случаях газовых взрывов.

Если впустить смесь какого-либо углеводорода с кислородом в горячий пустой сосуд, то взрыв наступает не сразу, но после более или менее длительного периода индукции. Время индукции есть функция температуры и давления. При низких температурах и давлениях это время можно измерять часами. Смесь находится в горячем сосуде без всяких видимых изменений в течение часов, а потом вдруг взрывает. Конечно, за это время в системе происходят какие-то изменения, недоступные нашему анализу. Там, несомненно, возникают за это время какие-то богатые энергией частицы, будь то молекулы с возбужденным электроном, будь то радикалы, или неустойчивые химические соединения. Иначе говоря, там возникают отклонения от Максвелл-Больцмановского распределения. Микрокартина за время индукции меняется очень заметно. Но макрокартина (концентрация исходных веществ и тех продуктов, которые могут быть химически выделены) остается почти без изменения.

8. Попробуем сформулировать теперь основную мысль об отличии между химическим и физическим процессом.

ФОРМУЛИРОВКА 1-Я

Если задана характеристическая функция (температура как функция координаты x в тепловой задаче, скорость движения в механике) в данный момент времени, то дальнейшие ее изменения во времени в случае физического процесса не зависят от предыдущей «истории системы». Если задана скорость химической реакции как функция макроскопических параметров (концентрации, температуры и т. п.) в данный момент времени, то после-

дующие изменения скорости зависят от предыдущей «истории системы» и не могут быть без учета этой «истории» вычислены⁶.

ФОРМУЛИРОВКА 2-Я

В каждый данный момент времени скорость физических процессов (как-то скорость течения тепла, скорость течения электрического тока, скорость диффузии и т. п.) всецело определяется мгновенным значением распределения в пространстве параметров (распределение температур, электрических напряжений или концентраций). Скорость химического процесса в каждый данный момент времени не определяется целиком мгновенным значением параметров (например, концентраций) и зависит также от истории процесса.

ФОРМУЛИРОВКА 3-Я

В случае физических процессов мы можем практически с полной точностью пользоваться равновесными параметрами (температурой, давлением) и т. п., в случае химических процессов мы не имеем права пользоваться равновесными параметрами.

Вариант формулировки 3-й:

В случае физических процессов отклонения от Максвелл-Больцмановского распределения не играют существенной роли, и мы можем пользоваться обычным статистическим методом. В случае хими-

ческих процессов отклонения от Максвелл-Больцмановского распределения играют весьма существенную роль и пользование обычной статистикой незаконно⁷.

Что касается первой и второй формулировок, то они после сказанного в предыдущем параграфе не нуждаются в пояснении. Поэтому разъясним лишь третью формулировку.

Еще Аррениус указал, что в реакции принимают участие лишь те молекулы, энергия коих превышает некоторую величину E .

Возьмем для определенности некоторый конкретный случай, например, реакцию разложения Cl_2O . Она идет по брутто-формуле $\text{Cl}_2\text{O} + \text{Cl}_2\text{O} = 2\text{Cl}_2 + \text{O}_2$. Пусть число молекул Cl_2O в единице объема будет n . Если считать, что во время хода реакции понятия температуры и Максвелл-Больцмановского распределения сохраняются, то число молекул n_a , обладающих энергией большей E и, следовательно, способных к реакции будет $n_a = n e^{-E/RT}$, где R — газовая постоянная, а T — абсолютная температура. При встрече активной молекулы с любой другой происходит реакция. Тогда скорость реакции w будет, очевидно, пропорциональна числу встреч, т. е. пропорциональна произведению $n n_a = n^2 e^{-E/RT}$. Так как число молекул n в единице объ-

⁶ Я подчеркнул здесь слово «макроскопических», так как ясно, что если нам заданы все молекулярные микроскопические параметры, а именно наличные отклонения от Максвелл-Больцмановского распределения (иначе говоря, задали бы систему в микропараметрах), и если бы мы смогли преодолеть трудности решения задачи, то и в случае химического процесса его дальнейшее развитие могло бы быть выяснено независимо от истории системы. Но ведь и второе начало, как известно, было бы неверно, если бы мы обладали свойствами Максвелловского закона. Молекулярные процессы все обратимы. Однако это не уменьшает огромную принципиальную и практическую важность второго начала и не смазывает качественную разницу между тепловой и электрической энергией. Поскольку практическое задание микропараметров в реагирующей системе для нас недоступно и поскольку вся наша наука играет в конечном счете практическую роль, указанная формулировка, как мне кажется, действительно отвечает качественной разнице в проведении химических и физических процессов.

⁷ Вопрос о субстрате физических и химических явлений решается так же, как и у Энгельса. В физических процессах это сравнительно неизменные частицы — молекулы, в химии это молекулы, меняющие свои свойства при процессе, в частности это атомы и их перегруппировки. [Уже в 1934 г., когда была издана моя книга «Цепные реакции», для меня было ясно, что не только и не столько отклонение Максвелл-Больцмановского распределения играет роль. Но появление в химических системах по мере хода реакции различных частиц, как, например, свободных атомов и радикалов, электронов, в некоторых случаях и ионов, имеет важное значение.

Если мы будем знать всю систему частиц, образующихся в ходе химической реакции, их концентрацию, их реакционную способность, тогда мы могли бы описывать весь ход реакции, концентрацию этих частиц и взаимодействие с исходными молекулами.

Так и родилась теория неразветвленных и разветвленных цепных реакций и вообще всякого химического превращения. Указание на это обстоятельство можно найти в моих дальнейших рассуждениях в соответствующих статьях и книгах. Подробнее об этом см.: О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности. М., 1958.]

сма будет, в свою очередь, пропорционально давлению P_{Cl_2O} , при данной температуре

$$w = kP_{Cl_2O}^2.$$

Гипноз теории был так велик, что именно этот закон и был найден на опыте. Однако впоследствии, когда сомнения в классических законах возросли, опыт был повторен более беспристрастно, причем никаких следов правильности упомянутого закона не было найдено. Скорость реакции как

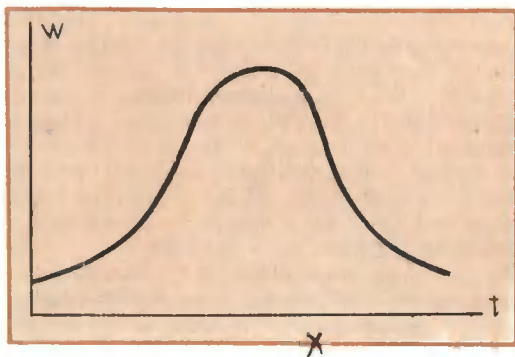


Рис. 4.

функция времени изобразилась весьма сложной кривой (см. рис. 4).

Оказалось, что вначале, несмотря на большое количество молекул Cl_2O , реакция практически не идет и лишь постепенно ускоряется по мере уменьшения концентрации Cl_2O . Мы могли бы сказать, что получающиеся Cl_2 и O_2 каким-то образом ускоряют реакцию. Но это не так. Примешивание в начале реакции к Cl_2O , Cl_2 и O_2 не оказывало заметного действия. И в этом случае скорость реакции в момент пуска смеси в нагретый сосуд была близка к 0. Таким образом, время явно входит в выражение для скорости реакции.

Примеров, аналогичных этому, очень много. Большинство реакций в той или иной мере дает подобные отклонения от классических законов.

Трудно сейчас сказать совершенно

точно, в чем тут дело, но общее объяснение почти несомненно.

При каждом акте реакции $Cl_2O + Cl_2O = 2Cl_2 + O_2$ выделяется значительная энергия. Эта энергия лишь постепенно расходуется на нагрев всего газа. Тотчас же после акта реакции она переходит в другие формы энергии молекул Cl_2O , с которыми сталкиваются продукты реакции. Эти формы энергии могут быть весьма различны. Это может быть электронное возбуждение молекул Cl_2O , это может быть химическая энергия диссоциации Cl_2O на атомы $Cl + O$ или $Cl + ClO$, это может быть энергия каких-то неустойчивых соединений. Во всяком случае в результате самой реакции возникают богатые энергией частицы, которые не находятся в равновесии с остальными. Максвелл-Больцмановское равновесие нарушается, число активных частиц увеличивается. Реакция сама, за счет своих внутренних энергетических ресурсов, создает условия для своего ускорения.

Так как энергия активации E обычно очень велика, то лишь совершенно ничтожное число активных молекул создается в результате теплового движения, только эти частицы зависят от действующих концентраций Cl_2O . Гораздо большее число активных молекул порождается самим процессом химической реакции, и это число не зависит прямо от действующей концентрации и определяется историей самого развития реакции.

Вот почему в 3-й формулировке я говорил о невозможности применения Максвелл-Больцмановского распределения к системе, где течет химическая реакция.

Понятие температуры теснейшим образом связано с Максвелл-Больцмановским распределением. Если это распределение в какой-нибудь части существенно нарушено, то само понятие температуры не имеет смысла (первый вариант формулировки 3-й).

Мы должны прибавить к нашим формулировкам еще следующее положение: констатированное нами качественное различие между физическими и химическими процессами имеет смысл до тех пор, пока мы говорим о макропроцессах.

В случае микропроцессов, происходящих в отдельных атомах и молекулах, как мне кажется, очень трудно провести какую-либо границу между химией и физикой. В самом начале статьи мы касались уже этого вопроса. Но там речь шла о природе химических связей внутри газовой молекулы. Если мы обратимся к какому-либо элементарному процессу, например

процессу поглощения света молекулой, то мы без труда убедимся в большой трудности, если не невозможности провести грань между физическим и химическим микропроцессом. Вообще говоря, принято думать, что процесс поглощения кванта света молекулой есть процесс физический, а процесс фотохимического разложения молекулы на составные части есть процесс химический. Но ведь фактически нет грани между этими двумя явлениями. Если молекула A_2 поглощает свет, то в результате этого атомы, составляющие молекулу, начинают колебаться. Чем короче длина волны, т. е. чем больше поглощенный квант, тем сильнее колебание, тем больше его амплитуда. Когда длина волны делается меньше некоторых λ_K , а поглощенный квант больше $h\nu_K$, то колебание делается столь сильным, что атомы разлетаются и молекула диссоциирует. Мы видим, таким образом, что нет никакого качественного скачка в переходе от поглощенного света, не связанного с диссоциацией молекулы, к поглощению света, вызывающего фотохимическое разложение.

...Исторический путь физики и химии существенно различен. Физика начала с изучения макропроцессов и макросостояния (уравнения состояния, термодинамика, теплопроводность и т. д.) и лишь позднее приступила к атомистической трактовке полученных закономерностей. Сперва была создана физика, а затем она была расшифрована как механика молекул.

Химия, наоборот, начала и продолжала свое развитие под знаком атомной теории. Уже аналитические результаты химии, разложение молекул на атомы, являлись, в сущности, задачей микрохимической — первым шагом к выяснению химии как физики атомов...

10. Когда я пишу здесь о качественных различиях между химическими процес-

сами, с одной стороны, и физическими процессами и состоянием равновесия — с другой, то не сам по себе вопрос о сводимости или несводимости химии к физике интересует меня в первую очередь, а те практические выводы, которые отсюда можно сделать для решения важнейшей теоретической и прикладной задачи нашего времени, — задачи понять и уметь управлять химическим процессом.

В области равновесия мы имеем теоретический принцип — второе начало термодинамики. Этот закон необычайно общ — он охватывает все без исключения случаи равновесия. И, несмотря на его необычайную общность, он дает нам правильные практические указания в каждой данной научной и технической задаче.

В области физических и механических процессов мы имеем столь же общие законы — как уравнения механики или уравнения Максвелла. Эти общие законы физических процессов и равновесий являются вершинами, которых достигла наука, они являются также маяками, по которым техника определяла и определяет свой путь.

В области химических процессов нет таких маяков, и потому химическая индустрия пробирается впопыхах. Найти общий кинетический принцип, аналогичный второму началу — значит зажечь научный маяк в области химизации.

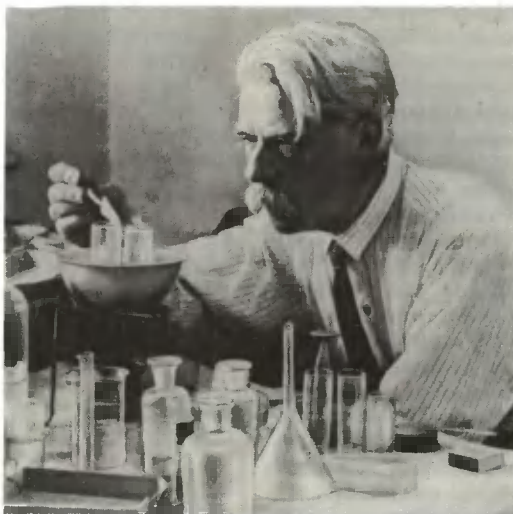
Химический процесс так капризен, так индивидуален, что химики почти забыли думать о возможности создания такого рода общих законов, управляющих химическим превращением.

Со времени Вант-Гоффа никто не осмеливался даже поставить этот вопрос в очередь дня.

Но если вспомнить, какое многообразие явлений, тоже на первый взгляд столь разнородных, охватывает второе начало, можно меньше бояться трудностей...

О НАСЛЕДСТВЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ
СВОЙСТВАХ КРОВИ

Н. К. Кольцов



Николай Константинович Кольцов (1872—1940) — один из основоположников экспериментальной биологии в России. Член-корреспондент Академии наук (с 1915 г.), академик Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина (с 1929 г.). Первым (1928) разработал гипотезу молекулярного строения и матричной репродукции хромосом, предвосхитившую главнейшие принципиальные положения современной биологии и генетики. Положил начало московской школе экспериментальных зоологов, цитологов, генетиков. С 1914 по 1927 г. был одним из редакторов журнала «Природа», много писал для журнала — и статьи, и заметки, и рецензии. Основные публикации Н. К. Кольцова приведены в конце статьи. Воспроизводимая ниже статья интересна тем, что и в области иммунологии и биохимии крови Н. К. Кольцов проявил удивительную проницательность в выборе путей научного поиска.

Н. К. Кольцов не только предвидел огромное значение изучения групп крови и их биохимии, но и связал эти проблемы с проблемой наследственности. Он особенно подчеркивал необходимость изучения у человека именно тех признаков, которые менее зависимы от внешних воздействий и наиболее отражают генетическую структуру организма человека. Тогда таких признаков было выявлено еще мало, и Н. К. Кольцов сразу обратил внимание на самые существенные. Он полагал, что, исходя из их знания, со временем можно будет правильно оценивать и использовать физиологические возможности каждого человека. В настоящее время исследовано много систем групп крови. Многочисленные работы показали, что действительно, эти вполне нормальные группы крови не безразличны для реакции организма на те или иные условия. Различия эти по отдельности невелики, но, суммируясь, в не-

которых случаях могут сильно отразиться на физиологии и патологии человека. Можно надеяться, что когда-нибудь, изучив с этой точки зрения большое число таких «маркеров», мы сможем с большой точностью определять физиологический профиль каждого человека и осуществить давнюю мечту врачей — лечить каждого больного не общими методами, а с глубоким пониманием того индивидуального, что свойственно каждому организму.

Н. К. Кольцов, по-видимому, первым ввел в нашей стране исследование основных групп крови. Когда в 1926 г. А. А. Богданов основал в Москве первый в мире Институт переливания крови, то, несомненно, для этого была подготовлена благоприятная почва в работах, возглавляемых Н. К. Кольцовым. Известно, что многие и многие тысячи раненых бойцов были спасены во время Великой Отечественной войны переливаниями крови, которую, как фабрика, производил и посылал на фронт Институт переливания крови. Определенная доля заслуг в развитии этого направления принадлежит первым теоретическим работам Н. К. Кольцова.

А. А. Малиновский
Доктор биологических наук
Москва

ИЗУЧАЯ характерные признаки рас человека и высших животных, мы все более и более убеждаемся в тесной связи их как между собою, так в особенности с деятельностью желез внутренней секреции. В особенности там, где мы имеем дело с измерениями органов фенотипов, т. е. взрослых организмов, развившихся под влиянием внешних условий, эта связь с эндокринными железами ясно бросается в глаза. Всякое изменение размеров головы или укорачивание конечностей связывается непременно с соответствующими изменениями различных частей головы, пальцев, общего роста и т. д. Было бы ошибкой в этих случаях говорить о самостоятельном изменении сотен факторов, определяющих размеры всех этих частей в отдельности, и сведение всей совокупности таких расовых изменений к немногим наследственным факторам, определяющим развитие тех или иных желез внутренней секреции, представляется весьма вероятным.

Мы знаем, например, что гипотирозидизм, т. е. недостаточное развитие щитовидной железы, ведет к задержке роста всех костей, а гипертириозидизм — к их усиленному развитию в длину. Чрезмерное развитие подмогловой железы — гипофиза вызывает акромегалический гигантизм, выступление надбровных дуг, сильное развитие нижней челюсти, плоский нос, выдающиеся губы; наоборот, недоразвитие гипофиза ведет к карликовому росту. Кастрация, удаление пубертатных эндокринных желез, чрезвычайно резко отзывается на относительных размерах всех частей скелета. Медики устанавливают ряд на-

следственных конституционных морфологических типов у человека, как *Tyrus respiratorius*, *T. digestivus*, *T. muscularis*, *T. cerebralis*¹ и др., выражающихся главным образом в различной величине разных частей тела, и считают, что все эти типы передаются по наследству, взятые в целом. Такая суммарная передача заставляет искать немногие факторы, вызывающие всю сумму этих признаков, в наследственных генах, которые определяют развитие желез внутренней секреции².

К сожалению, современная наука еще не в состоянии судить сколько-нибудь точно о степени развития тех или иных эндокринных желез. Морфологические критерии, как объем желез и их внешние признаки, так и внутреннее микроскопическое построение, не годятся для этой цели. Гораздо более интересны были бы определения физиологических и химических признаков, но химия инкретов, т. е. продуктов выделения желез в кровь, еще совсем не разработана: кроме адреналина надпочечников мы не в состоянии определить ни одного другого продукта внутрисекреторных желез. Мы знаем только одно, что эти продукты выделяются в кровь, и если бы мы могли произвести полный химический анализ крови, то мы уловили бы здесь все инкреты.

Поэтому внимание генетиков, стремящихся установить расовые отличия по

¹ Chaillo et MacAuliff. *Morphologie medicale*. P., 1912.

² Paulsen Jens. *Wesen und Entstehung der Rassenmerkmale*. — «Archiv für Anthropologie», 1920, B. 18, H. 1—2.

немногим точным признакам, должно быть обращено прежде всего на химию крови.

Первая попытка установить расовые отличия по химическим свойствам крови принадлежит по праву приоритета Ландштейнеру, который еще 20 лет тому назад³ показал, что в человечестве может быть установлено четыре группы людей, резко различающиеся по способности их кровяной сыворотки склеивать кровяные тельца других людей и по способности их кровяных телец противодействовать склеивающему действию чужой сыворотки. К первой группе относятся люди, у которых оба эти свойства выражены наименее ярко: их сыворотка не агглютинирует кровяных телец ни одной из групп, а кровяные тельца их агглютинируются сывороткой всех остальных трех групп. К другой группе относятся люди с наиболее сильными агглютинаторными способностями: их сыворотка склеивает кровяные тельца всех трех остальных групп, а кровяные тельца никакой сывороткой не склеиваются. Две промежуточных группы отличаются друг от друга тем, что сыворотки каждой взаимно агглютинируют кровяные тельца противоположной группы.

Уже вскоре после работ Ландштейнера Ф. Дунгерн⁴ сделал попытку установить наследование склеивающих свойств крови по менделевской схеме. Позднее изучение гемагглютининов было поставлено в широких размерах в Соединенных Штатах Америки Моссом⁵, Вечешским в Венгрии⁶.

Особенно богатый материал был получен Моссом, который обследовал в этом отношении кровь многих людей, представителей различных рас. В пределах каждой расы оказались представители всех четырех групп, но в ином процентном отношении, чем в европейских странах. Так, первая группа всюду оказалась самой малочисленной, но в Америке (Мосс) и Германии она составляла 4,6—5% всего

населения, а в Венгрии (Вечешский) — 16,9%.

Американцы применили полученные данные к медицинской практике переливания крови. Как известно, трансфузия крови почти оставлена хирургами ввиду встречающихся часто осложнений. С теоретической стороны ясно, что перелив представителю одной группы крови, взятой из другой группы, должен повлечь за собой гибель кровяных телец или хозяина, или давальца. Вследствие этого был изучен перелив крови в пределах одной группы и дал вполне определенные результаты.

В армии Соединенных Штатов Америки и в некоторых американских госпиталях заранее определяется в массовых размерах принадлежность солдат и пациентов к той или иной группе для того, чтобы в случае экстренной потребности знать, от кого может быть взята кровь для переливания.

Не следует, конечно, думать, что раз свойства крови наследственны, то наиболее просто в каждом случае брать кровь от ближайших родственников. Такое наивное представление о наследственности до сих пор еще держится нередко в медицине, но менделистические исследования ясно показывают, что если от брюнетов нередко рождаются блондины, то такое же несходство между ребенком и его родителями должно часто иметь место и по отношению к свойствам крови.

При Институте экспериментальной биологии под моим руководством врачами М. С. Авдеевой и М. В. Грицевич поставлено обследование агглютинации крови среди русского населения. Были немедленно же установлены те же самые четыре группы как в Западной Европе и в Америке. И в настоящее время уже изучена наследственность этих признаков в большом числе семейств.

Однако нет оснований думать, чтобы агглютинация оказалась единственным наследственным свойством крови, подчиненным менделеевским законам. Нам удалось показать, что совершенно такую же закономерность представляет содержание в крови морских свинок каталазы, т. е. фермента, ускоряющего разложения перекиси водорода с выделением кислорода. В Институте экспериментальной биологии С. С. Елизарова произвела по моему предложению анализ крови на каталазу по методу А. Н. Баха у двухсот морских свинок. В результате оказалось, что и по отношению к этому признаку морские свинки распределяются на несколько резко

³ Landsteiner K. Über Agglutinationserscheinungen norm. menschl. Blutes.— «Wien. Klin. Woch.», 1901, S. 1132; Haemagglutination und Hämolyse in Oppenheimer's Handbuch der Biochemie. Iena, 1910, B. 11, p. 412 u. f.

⁴ D u n g e r n V.— «Münch. med. Woch.», 1910; «Zeitschr. f. Immunitätsf.», 1909, B. 4; 1910, B. 6; 1911, B. 8.

⁵ M o s s V. Folia serologica, 1910.

⁶ W e s z e c z k y O s k a r. Untersuchungen über die gruppenweise Hämagglutination beim Menschen.— «Biochem. Zeitschr.», 1920, B. 107, S. 4—6.

очерченных групп, отличающихся друг от друга по количеству каталазы. Для одной группы содержание каталазы определяется цифрой 2, для другой — цифрой 6, а все остальные содержат 8—11 каталазы; весьма вероятно, что дальнейшие исследования позволят разбить и эту третью группу, наиболее многочисленную, на две, и тогда в соответствии с группами Ландштейнера окажется также четыре группы. Никакими внешними условиями или заболеваниями не удастся вызвать сколько-нибудь значительное изменение в содержании каталазы. Для некоторых особей получено в разные периоды по 40—60 измерений, и за это время свинки то падали в весе, то прибывали, кормились тироидином, подвергались кастрации и т. д. Тем не менее содержание каталазы оставалось неизменным, именно то, которое соответствует данной группе.

Обращено было далее внимание и на наследование открытого признака, и с этой целью пересмотрен довольно обширный генетический материал, имевшийся в виварии моего института. Оказалось, что все скрещивания между особями, относящимися к группе с каталазой 2, дали потомство, относящееся исключительно к этой группе; значит, все это — гомозиготные формы, содержащие, вероятно, два рецессивных гена *ab*. Исследования над другими группами продолжаютя.

Ближайшая наша задача открыть и у человека определенную группировку по содержанию каталазы и выделить отношение ее — если только она окажется налицо — к группировке по агглютиниnam.

Далее намечен план работ и по другим химическим свойствам крови. Наиболее желательны такие особенности, которые мало изменяются от физиологического и патологического состояния организма. В противном случае фенотипные отклонения, будучи слишком велики, и генетические, т. е. наследственно обособленные группы, перепутаются между собою. Но если бы уда-

лось установить еще несколько таких же ясных признаков в химическом или морфологическом характере крови, как агглютинация и содержание каталазы, то учение о наследственной конституции встало бы на более твердую почву.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ Н. К. КОЛЬЦОВА В «ПРИРОДЕ»

МАЛЯРИЯ. 1912, № 10.

МЫСЛЯЩИЕ ЛОШАДИ. 1913, № 9.

ЭРНСТ ГЕККЕЛЬ. 1914, № 2.

ОТРАЖЕНИЕ ВОЙНЫ В НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ ЖУРНАЛАХ. 1915, № 1.

НАЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ. 1915, № 7—8.

УЧЕНЫЕ ОБЩЕСТВА И НАУЧНЫЕ ЖУРНАЛЫ В РОССИИ. 1916, № 2.

ЗАМЕНА ПОЛОВОГО ПРОЦЕССА У ИНФУЗОРИИ. 1916, № 3.

АЛКОГОЛИЗМ И НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ. 1916, № 4.

ПОВАРЕННАЯ СОЛЬ И ХЛОРИСТЫЙ НАТРИЙ. 1916, № 10.

ОРГАНИЗАЦИЯ КЛЕТКИ. 1917, № 2.

НОВЫЕ ФОРМЫ ЭПИДЕМИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ. 1917, № 9—10.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ИНСТИТУТЫ В СОЕДИНЕННЫХ ШТАТАХ АМЕРИКИ. 1917, № 9—10.

ОПЫТЫ ШТЕЙНАХА ПО ОМОЛОЖЕНИЮ ОРГАНИЗМА. 1921, № 1—3.

ИСКУССТВЕННЫЙ ПАРТЕНОГЕНЕЗ ШЕЛКОВИЧНОГО ЧЕРВЯ. 1933, № 3—5.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОНТИНЕНТОВ И ОКЕАНОВ

А. А. Борисяк



Алексей Алексеевич Борисяк [1872—1944], выдающийся советский палеонтолог и геолог, член-корреспондент АН СССР (с 1921 г.), академик (с 1929 г.). Профессор и заведующий кафедрой исторической геологии Ленинградского горного института [1911—1930]. Основатель и директор Палеонтологического института АН СССР [1930—1944].

Основные труды посвящены учению о фациях, вопросам общей палеонтологии, изучению юрских моллюсков, палеонтологии позвоночных и млекопитающих, исторической геологии, тектонике. Рассматривал развитие физико-географических условий и органической жизни как единый закономерный процесс в истории Земли.

Активно сотрудничал в журнале «Природа» с 1915 г. С 1931 по 1935 гг. был ответственным редактором «Природы». Основные публикации А. А. Борисяка в «Природе» мы приводим в конце статьи.

Предлагаемая статья посвящена проблеме, продолжающей оставаться жгучей и в настоящее время — дрейфу континентов. Идея о дрейфе континентов в законченном виде впервые была выдвинута в 1912 г. А. Вегенером. Он не был геологом, а занимался физикой атмосферы, и это тот редчайший случай в близкое к нам время, когда научные идеи непрофессионала вызвали столь большой резонанс в науке.

Примечательно, что «Природа» откликнулась на эту теорию уже в 1922 г. Как увидит читатель, многие абзацы статьи А. А. Борисяка написаны столь проникновенно, что можно подумать, будто их автор — наш современник. В статье есть, конечно, и такие места, с которыми нельзя согласиться в свете современных представлений; при чтении их нетрудно заметить.

ПОД таким заглавием уже вторым изданием (1915—1920) выходит в Германии маленькая книжка Вегенера, представляющая переработку идей¹, впервые изложенных автором в одном распространенном географическом журнале («*Petermanns Mittheilungen*») в 1912 г. Мы лишены были возможности своевременно ознакомиться с книжкой Вегенера, как и с вызванной ею литературой, как всегда, разбившейся на два лагеря, «за» и «против» нее. И сейчас, когда два экземпляра последнего издания попали, наконец, в Петербург, эта маленькая желтая тетрадка кажется крупнейшим явлением среди геологической литературы за весь тот период, пока мы были изолированы от Запада: дошедшие до нас издания не принесли нам никаких новых откровений, но лишь обыденную очередную геологическую работу, — тем заметнее на этом фоне смелая и красивая мысль Вегенера; основанная пока, правда, на небольшом количестве данных, она так стремительно увлекает за собой поток фактического материала (один за другим крупнейшие вопросы геологии получают в ней такое простое и легкое решение), что приходится сделать над собою усилие, чтобы остановиться на этом пути и начать систематическую фактическую ее проверку...

Историческая геология — далеко не молодая ветвь геологических дисциплин, но очень консервативная: в течение ста с лишком лет своего существования она почти только и делала, что накапливала фактический материал, правда, колоссально обширный и разнообразный. До последних дней содержание исторической геологии поэтому составляет описание систем: не история Земли, а лишь собираемый для ее построения фактический материал, к которому иногда пристегиваются отдельные немногие эпизоды действительной истории (палеогеографические реконструкции), между собой не связанные, неубедительные, часто как бы ненужные. А так как среди сырого материала видное место занимают палеонтологические остатки, дающие несравненно более разработанную историю жизни, то, естественно, история Земли обычно как бы подменяется историей жизни.

Лишь в последние годы историческая геология обнаруживает признаки перехода из первоначальной стадии накопле-

ния материала в высшую стадию переработки его на почве тех или иных обобщений. Об этом свидетельствует, между прочим, усиленное внимание к вопросам палеогеографии вообще (целые курсы, руководства), а известная книга Ога², во второй своей части, посвященной исторической геологии, делает попытку группировки фактического материала на основе одной объемлющей всю историю Земли гипотезы — именно, теории геосинклиналей. Теория геосинклиналей дает автору возможность построить и связать отдельные картины физико-географических условий минувших периодов в закономерно развивающийся процесс — историю рельефа земной коры.

Теория геосинклиналей выросла из непосредственного изучения строения горных хребтов; она строилась долго и продолжает строиться по мере накопления данных; в ней и сейчас многое остается еще недостроенным, непонятым и даже противоречивым; но в истории геологической науки она сыграла огромную роль, положив предел бессистемному накоплению сырого материала³.

Теория Вегенера, более широкая и более смелая, чем теория геосинклиналей, обещает не только объяснить то, что оставалось в последней непонятым, но и дать вообще более широкое и полное освещение жизни земной коры. Но, в противоположность теории геосинклиналей, она не столько выросла из накапливающегося материала, сколько представляет смелое умозаключение, еще ожидающее фактического обоснования. Она — лишь увлекательная рабочая гипотеза, и пересмотр фактического материала на ее основе либо приведет ее к быстрому крушению, либо чрезвычайно много

² Naug E. *Traité de géologie*. P., 1908—1911.

³ Уместно будет указать, что по мере успехов исторической геологии все более чувствуется разнородность накопленного материала, искусственность его соединения — это относится, главным образом, к палеонтологическим остаткам: по мере того как историческая геология все более приближается по содержанию к настоящей истории Земли, истории земной коры, — история жизни делается посторонним, чуждым ей балластом; уже в книге Ога нет не только изображения руководящих форм, но и общей характеристики фауны. И, можно сказать, назревает расчленение старой исторической геологии на две новые ветви: истории Земли, или собственно исторической геологии, может быть, имеющей слиться с палеогеографией в широком смысле, и истории жизни, или палеофаунистики.

¹ О них уже приходилось говорить, см. «Природа», 1919 г. — Здесь и далее примечания автора.

даст для более совершенной его группировки, а может быть, и более совершенного построения самой гипотезы.

По существу, гипотеза Вегенера представляет дальнейшее развитие учения об изостазисе: если мы допускаем перемещение частей твердой оболочки земного шара по вертикальному направлению в вязкой, подстилающей ее основе, то мы можем допустить движение их и по горизонтальному направлению, но только тогда мы должны представить себе, что твердая наружная оболочка Земли, или литосфера (салическая оболочка; *Sal*) не сплошь покрывает более тяжелую, но более вязкую внутреннюю оболочку, или барисферу (симатическую оболочку земного шара, *Sima*), а в виде отдельных изолированных лоскутов или пластин, «плавающих» на барисфере подобно ледяным полям или айсбергам современного моря.

Несомненно, было время, когда литосфера покрывала равномерным слоем всю поверхность земного шара и, в свою очередь, равномерно покрывалась водяной оболочкой — всемирным морем, или Панталассой. Затем произошел разрыв этой оболочки, например по меридиану, и разорвавшиеся края стали расходиться, так как литосфера стала собираться в складки под влиянием тех же сил, которые заставляют ее вообще двигаться по горизонтальному направлению. Плыть; из-под нее — там, где она отошла, — освобождалась барисфера, образовались более глубокие части Мирового океана над барисферой и более мелкие над плавающей на ней (и потому приподнятой над ее уровнем) литосферой, собиравшейся в складки, утолщавшейся и, наконец, поднявшейся над уровнем моря, т. е. образовавшей сушу. Чем больше собиралась в складки литосфера, тем она делалась толще и в то же время менее гибкой: сначала она образовывала складки во всей своей массе — оттого древнейшие (докембрийские) отложения всегда интенсивно дислоцированы; затем она потеряла эту способность: мы знаем, что кембрийские и последующие отложения на огромных пространствах (щитах, платформах) лежат спокойно, но тем не менее складкообразование не замолкло совершенно, оно только сосредоточилось на определенных местах или поясах, и прежде всего — вдоль экватора. Мы можем себе объяснить это тем, что под влиянием, например, центростремительной силы литосфера стремится перемещаться по направлению от полюсов к экватору, и потому та часть ее, которая располагалась по экватору, испытывая давление с севера и

с юга, прогибается, а затем собирается в складки; таким именно путем должны были образоваться те области земной коры, которые мы называем геосинклиналями⁴: постепенно прогибавшиеся и выполненные морем, которое отлагало мощные однородные осадки, позднее собранные в интенсивные складки и образовавшие горные кряжи. Отсюда мы должны заключить, что геосинклинали принадлежат литосфере⁵, и ошибаются те, кто ищет их в современном океане, принадлежащем барисфере; барисфера, как не находящаяся в состоянии изостазиса, и не может обнаруживать тех явлений, какие дают на литосфере геосинклинали.

Отсюда вытекает также, что все те осадки, которые изучает историческая геология, отлагались исключительно в так называемых эпиконтинентальных бассейнах, т. е. покрывавших область литосферы и выполюнявших, как наиболее пониженные, прогнувшиеся области литосферы, т. е. геосинклинали, так временами заливавшихся и те ее части, которые мы называем континентальными массивами (собственно эпиконтинентальные моря, в узком смысле); с другой стороны, Мировой океан, покрывавший барисферу, не оставил осадков, доступных нашему изучению, — в силу того постоянного континентальных массивов, которое вытекает из сказанного.

Кроме указанной складчатой зоны геосинклиналей вдоль экватора, наблюдаются еще горные цепи по западной окраине литосферы, вытянутые в меридиональном направлении, именно американские Кордильеры. Как экваториальные складки образовывались вследствие сопротивления движению литосферы, оказываемого другой частью той же литосферы, двигающейся в обратном направлении (см. выше), так и меридиональные (краевые) складки могли образоваться вследствие движения литосферы (на этот раз с востока на запад) и того сопротивления, которое оказывала этому движению уже не литосфера, а охлажденная под океаном, и потому менее вязкая, чем под литосферой, барисфера.

Таким образом, кроме движения к экватору, литосфера имеет движение с востока на запад; если первое, вероятно,

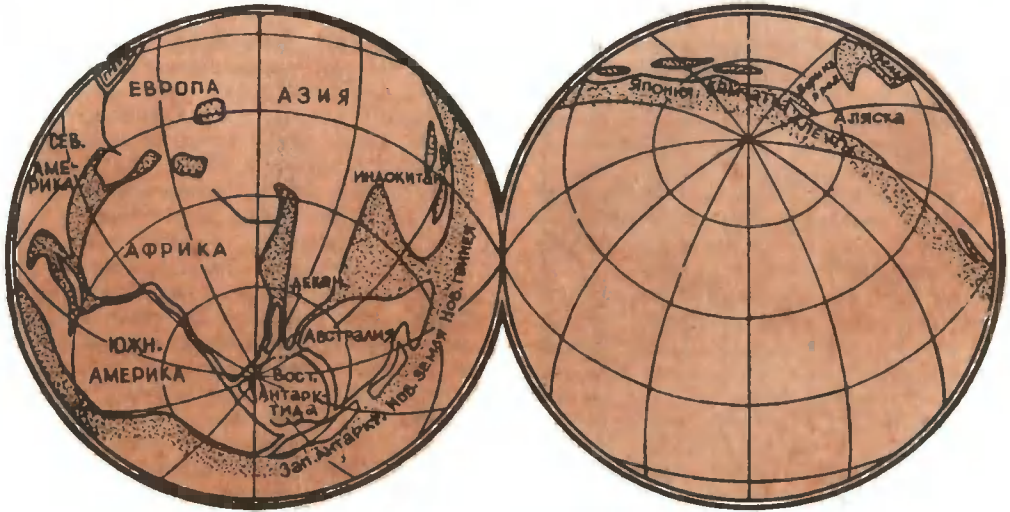
⁴ В настоящее время геосинклинали заняты складками и более не реагируют на тангенциальное давление, потому геосинклиналей нет на современной земной поверхности.

⁵ Вегенер употребляет термин «мелководье», сохраняя за «геосинклиналью» то содержание, которое вложено было в это понятие Огом.

обуславливается центробежной силой, то второе может вызываться или вращением Земли, или приливными волнами в ее твердой оболочке: с этим же движением может быть связан и первый разрыв сплошной литосферы, о котором говорилось выше. Образовавшийся в результате этого разрыва первоначально один цельный континентальный массив, или Пангея, сначала собирался в складки во всей своей массе, далее область складчатости ограничилась экваториальной его зоной и западным краем, а затем этот единый массив литосферы

рую мы представляли себе до сих пор. В чем же ее преимущества и зачем она нам нужна?

В толковании процессов, совершавшихся в земной коре, конкурировали до сих пор две главнейших теории: контракционная и учение об изостазисе, которое, впрочем, не получило широкого применения, и господствующая роль принадлежала первой. Контракционная теория, как известно, предполагает, что земной шар охлаждается, сжимается и вследствие этого наружная твердая оболочка его, от уменьшения объе-



Положение континентальных массивов, или Пангея, в конце палеозоя (после герцинской складчатости). Вода с поверхности земного шара снята, изображена лишь литосфера (континентальные массивы) и барисфера (вблизи континентальных массивов литосфера покрыта пунктиром).

ма ядра, морщится, как морщится кожа усыхающего яблока. Так объясняется образование горных хребтов; что касается континентальных массивов, на которых горные кряжи выступают ничтожными рубцами, то для объяснения происхождения их у контракционной теории, в сущности, нет средств; тут можно было предполагать какие-либо сводообразные поднятия, наряду с такими же опусканиями — областями океанов, причем эти поднятия и опускания могли возникать одни на месте других, — отсюда смена физико-географических условий, фаун и флор и проч.

постепенно (по меридиану же) стал раскалываться на отдельные части, расплывшиеся и образовавшие современные обособленные континентальные массивы. Перемещение масс на поверхности Земли должно было нарушать ее движение, т. е. вызывать перемещение оси вращения и ее полюсов.

Такова в самых кратких словах история земной коры, как ее рисует новая теория, — история, на первый взгляд, гораздо более сложная и запутанная, чем та, кото-

Однако открытие радиоактивных элементов поколебало представление о постепенном охлаждении земного шара; в полном согласии с этим открытие ледниковых отложений в древнейших осадочных свитах (кембрийских, алгонкских) сделало невозможным предположение о более теплом, по сравнению с современным, климате древнейших эпох, по крайней мере в течение «исторического» периода жизни Земли, когда, тем не менее, горообразовательные про-

цессы неоднократно повторялись; с другой стороны, новейшие представления о горообразовательных движениях (шарьяжи) требуют гораздо больших перемещений (или сокращения радиуса Земли), чем это предполагали раньше, и необходимое для этого понижение температуры Земли выражалось бы совершенно абсурдными (по большой величине) цифрами градусов. Все это делает контракционную теорию, еще недавно руководившую нашими исследованиями, несостоятельной в учении о горообразовании. Еще менее удовлетворяет она в вопросе о континентальных массивах, где ее толкование не только стоит в противоречии с учением об изостазисе⁶, но неприемлема и смена поднятий и опусканий (т. е. образования континентов на месте океанических глубин и обратно), так как чем ближе мы знакомимся с характером осадочных образований, тем больше убеждаемся в отсутствии среди них настоящих глубинных отложений⁷ и тем больше сторонников приобретает мнение о постоянстве континентальных массивов.

Во всех тех пунктах, по которым приходится отступать от контракционной теории, новая гипотеза как нельзя лучше справляется с фактическим материалом: она объясняет кражеобразовательные процессы, притом любой амплитуды, не требуя охлаждения земного шара ни на один градус; она исходит из постоянства континентальных массивов и сама представляет дальнейшее развитие учения об изостазисе.

Далее, кроме образования континентальных массивов и горных кражей на них, основными вопросами истории Земли являются перемещение береговой линии и смена фаун и флор, т. е. изменение физико- и биогеографических условий. Как показывают ископаемые остатки и многие современные формы, континентальные массивы, разделенные ныне широкими и глубокими

океаническими впадинами, некогда находились в непосредственном сообщении между собою; перекрещивающиеся обмена фаунами можно считать для различных частей суши фактически доказанными; то же самое относится к фаунам мелкого моря, которые не могли сообщаться между собою через большие глубины и предполагают соединения материков посредством если не суши, то мелкого моря; наконец, на такое же соединение указывают сходные тектонические соотношения по одну и по другую сторону океанического барьера. Таким образом, существование сообщений между некоторыми континентальными массивами поперек океанических впадин совершенно несомненно, и мы так и представляем себе его на наших палеогеографических картах в виде материков-мостов, соединявших эти континенты; такие реконструкции нередко почти целиком заполняют целые океаны (ср. реконструкции Ога); например Атлантический, в течение всех геологических периодов, на основании палеонтологических и стратиграфических данных, почти совершенно вытеснен (кроме небольшой средней части) так называемым североатлантическим континентальным массивом на севере и бразильско-африканским на юге, и только с половины третичного периода мы можем говорить об образовании сначала южной, а потом и северной части современного Атлантического океана. То же самое относится к Индийскому океану, а некоторые авторы заполняют и Тихий (Ог). Никто не указывает при этом, где же находилась в это время вода, заполнявшая океаны в момент их образования, и где сохранились хотя бы какие-либо следы опустившихся колоссальных материков⁸.

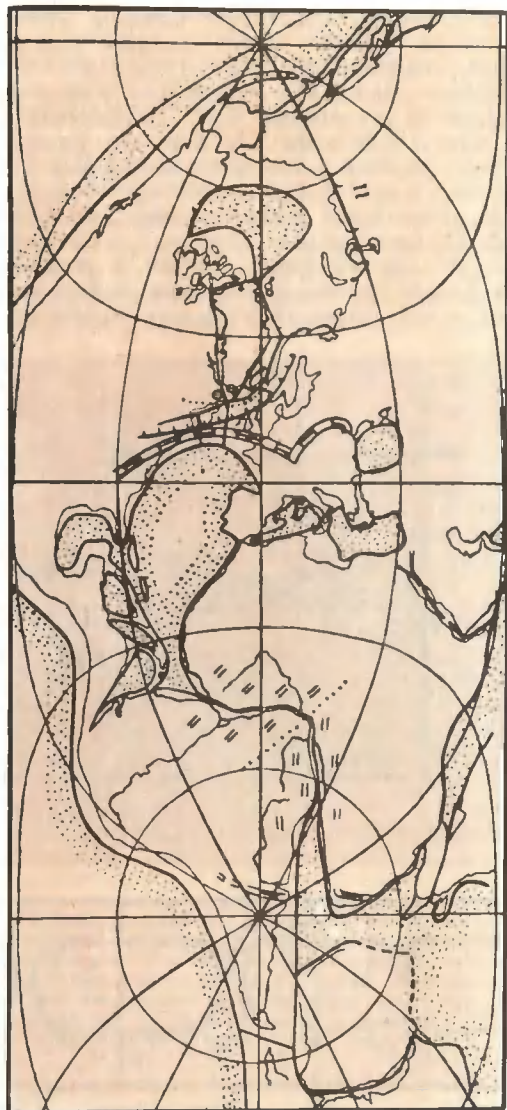
Новая теория решает вопрос иначе: она не строит материков-мостов, которым предстояло вытеснить океаны, а затем бесследно провалиться, — она просто сдвигает соответствующие континенты; как мы видели, по ее представлению, материки не только были в свое время разглажены (т. е. не были сморщены горообразовательными процессами), но и перемещены так, что составляли один цельный континентальный массив, или Пангею: Северная Америка при этом вплотную прилегала к Европе, Южная Америка — к Африке, Австралия и

⁶ Учение об изостазисе предполагает земную кору, состоящую из лито- и барисферы, из коих первая плавает на второй, более тяжелой, соблюдая законы равновесия плавающего тела, и имеет форму не свода, а весьма утощенной под горам, весьма утоненной под морем пластинки.

⁷ Отложения геосинклиналей более глубоководные, чем так называемые собственно эпиконтинентальных морей, но эти детритические, при постоянном опускании до дна образовавшиеся мощные осадки не имеют ничего общего с весьма медленно накапливающимися отложениями абиссальных глубин.

⁸ Дно Атлантического океана, например, представляет поднятия не поперек, как следовало ожидать, а вдоль океана, с севера на юг.

Положение Старого и Нового Света в эоцене: обозначения, как на предыдущем рисунке. В месте соприкосновения Европы и Северной Америки пунктирная линия обозначает гуронские складки, зубчатая — каледонские и двойная с подразделениями линия — герцинские складчатые зоны. В месте соприкосновения Гренландии с Землей Гринелли крестиками обозначено совпадение границы между триасовыми и девонскими отложениями; в месте соприкосновения Гренландии с Шпицбергом кружочками обозначено совпадение каменноугольных отложений; для Лабрadora кружочки с точкой обозначают выходы одинаковых изверженных пород. В Африке и Южной Америке совпадают различные направления складчатости древнейших пород и граница (пунктир) между ними; южнее совпадают складчатые горы южной оконечности Африки и такие же у Буэнос-Айреса в Америке: нигде в других частях берега той и другой таких гор более нет.



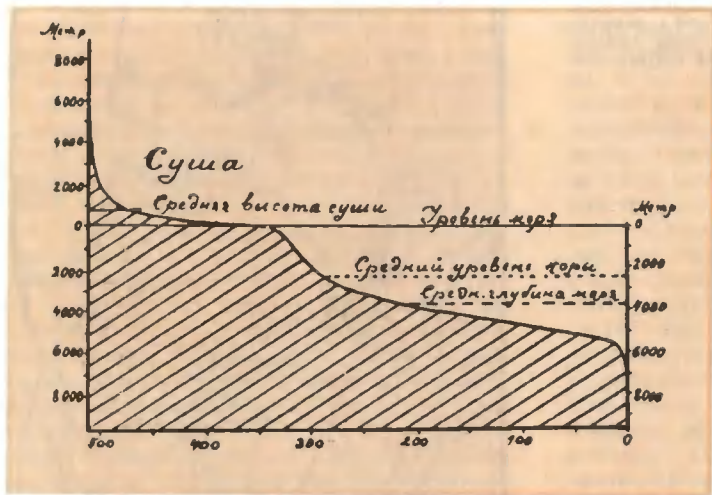
Антарктика — к Африке с другой стороны, так же как и Азия, ее южная часть, до собрания Гималаев, Индостаном соприкасалась с Мадагаскаром. Затем их разделили трещины, они собрались в складки и, двигаясь так, как это было указано выше, разошлись до того положения, какое они занимают сейчас.

Такое предположение не только вполне удовлетворяет необходимость соединения континентов в минувшие эпохи, о чем говорилось выше, но и эти соединения их делает более естественными. Так, упомянутые тектонические отношения, например, между Европой и Северной Амери-

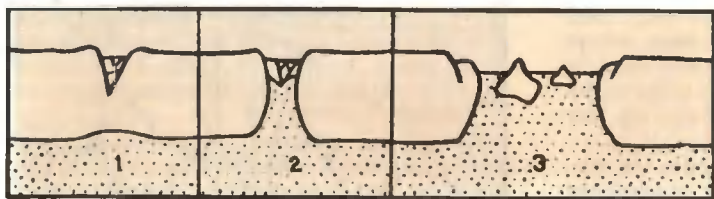
кой выражаются в том, что не только осадочные породы северо-западной Европы и северо-восточной Америки тождественны литологически и фаунистически, но и складчатые зоны и там, и здесь одни и те же; при прежних палеогеографических реконструкциях нам приходилось протягивать осадки одной и той же фации, а вслед за тем и каледонскую и герцинскую складчатость вдоль всего североатлантического континентального массива, т. е. на тысячи километров через весь Атлантический океан. При новой реконструкции, складывающей Европу с Северной Америкой, каледонские хребты Америки имеют своим непосред-

редетвенным продолжением те же хребты Европы, и то же относится к горным: они слагаются при этом в одну плавную кривую, даже без перегиба (тогда как, строя те же хребты через Атлантический океан, мы получали два перегиба: на границе Америки и такой же на границе Европы), и притом не надо строить связующего звена через Атлантический океан, по длине превосходящего во много раз действительно известные отрезки в Америке и Европе. Одним словом, при построении по новой теории гораздо естественнее все

плавается с ним. Таким образом, в настоящее время 2/3 земной поверхности слагает непосредственно барисфера, и только на 1/3 она покрыта плавающими на барисфере клочками литосферы. Это доказывает и гипсометрическая кривая земной поверхности, которая иначе не образовывала бы крутого уступа на границе континентального плато и дна океана, а затем и статистика высот земной поверхности даст два максимума; это значит, что ее образуют две самостоятельные поверхности, принадлежащие двум раз-



Гипсометрическая кривая земной поверхности.



Три последовательных стадии образования трещины и разрыва в литосфере. Пунктиром обозначена барисфера.

соотношения — и гораздо менее вводится гипотетического элемента.

Подобных примеров можно привести целый ряд как для северной, так и южной части Атлантического океана (см. описание рисунка). Не останавливаясь на них, перейдем к некоторым деталям, поясняющим изложенное.

Учение об изостазисе предполагает, что под дном океана барисфера поднимается наиболее высоко, т. е. литосфера имеет наименьшую толщину; Вегенер идет дальше и доказывает, что литосферы здесь нет совсем; и в этом даже большинство противников других положений Вегенера со-

личным слоям земной коры: континентальное плато (массив) — литосфера и дно океана — барисфера. Дно океана сложено из вулканического материала (основные породы, как базальт), вулканическим продуктом является и покрывающая его красная глина; литосфера сложена иными породами — представителем их служит гнейс (кислые породы) — и покрыта тонкой оболочкой сохранившихся нормальных (не метаморфизованными) осадков. Исходя из удельного веса (среднего) литосферы и барисферы, вычисляется средняя толщина литосферы — около 90 км. В то время как барисфера обнаруживает все

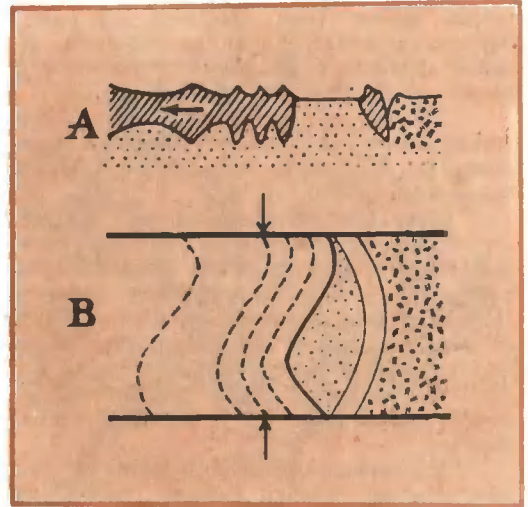
признаки вязкого тела (явления изостаза), тонкая пластинка более тугоплавкой, но более легкой литосферы, как это доказывает история земной коры, сохраняет свою форму, т. е. не имеет стремления расплываться; наоборот, она утолщается складчатостью и в известные моменты образует трещины и разрывы⁹.

При образовании разрывов трещина появляется сверху (так как нижняя часть литосферы пластичнее), края ее расходятся, и пространство между ними заполняется обломками (геолог называет такое строение часто грабеном — такова, например, долина Рейна в Европе); так как изостатически это состояние не уравновешено, в области такой трещины наблюдаются нарушения силы тяжести, и края трещины приподняты (Шваривальд и Вогезы). Ряд таких трещин, частью уже перешедших в сплошной разрыв, наблюдается вдоль восточного берега Африки: это — эритрейские (Мертвое и Красное моря) и эфиопские впадины, тянущиеся от Палестины на юг до Капской колонии (оз. Танганайка и др.). Когда образуется сплошной разрыв, тотчас устанавливается изостатическое равновесие; части литосферы начинают расходиться, и на обнажившейся барисфере остаются упомянутые обломки литосферы, заполнявшие трещину; таково происхождение многих островов и мелей, — и этим же можно объяснить меридиональное поднятие на дне Атлантического океана: по мере уплывания Америки на запад, поверхностная часть барисферы между Старым и Новым Светом растягивается, как резина, и обломки литосферы, некогда выполнявшие ее трещину (см. выше), остаются посредине между материками.

Край континентального плато (литосферы) образует отвесную границу между более легким (литосферой) и более тяжелым (барисферой) материалом и не может представлять изостатического расположения масс, — вот почему он всегда характеризуется нарушением силы тяжести. Равновесие здесь достигается молекулярными силами, и как раз поле напряжения в крае континентального массива обуславливает образование ступенчатых сбросов по окраинам материков; теми же условиями объясняется опускание океани-

ческих островов и связанное с ним образование атоллов.

Целый ряд явлений, наблюдаемых по краям литосферы, может быть связан с застыванием под океаном барисферы, которая при этом так тесно «прилепляется» к краю литосферы, что последний отрывается при ее движении. Этим могут быть объяснены гирлянды островов вдоль восточных («задних», так как литосфера движется на запад) берегов (Азии, Америки); аналогичное явление представляет отставание островов (Мадагаскара) и по-



Образование гирлянды островов вдоль восточного берега Азии: А — в разрезе, В — в плане: пунктиром обозначена барисфера, длинными черточками — она же, застывшая под океаном. Континент перемещается на запад (налево) и на юг (сжатие по стрелкам, рис. В), и крайняя горная цепь отрывается, будучи прочно прикрепленной к застывшей барисфере.

дуостровов, «увязнувших» в барисфере, или разорвавшийся на ряд отставших в своем движении островов перешеек между Южной Америкой и Землей Грахама. На противоположной («передней») стороне, западной, движение материков к экватору (по меридиану) может вызывать отрывание и отставание краевых частей — такая полуоторванная крайняя горная цепь образует полуостров Калифорнию: Северная Америка движется на юг, а Калифорния отстает от нее, что и было подтверждено землетрясением в Сан-Франциско, которое было вызвано передвиже-

⁹ Трещины, как мы видели, образуются по меридианам: оттого континенты имеют заостренную к полюсу форму.

нием основания этого полуострова по меридиональной трещине.

Наконец, отрезок литосферы, образующий континентальный массив Австралии с Новой Гвинеей, плывет на север и своим северным заостренным концом (Новая Гвинея) врзается в южные цепи островов Азии; расположение этих последних свидетельствует о явной коллизии, и еще яснее эта картина при изучении изобат: большие глубины по соседству обусловлены еще невыравнявшимися волнами барисферы, так недавно происходило описываемое движение. Такие же невыравнявшиеся волны (или надрывы, см. рис.) барисферы представляют те ложбины, которые наблюдаются вдоль восточного и западного берегов Тихого океана.

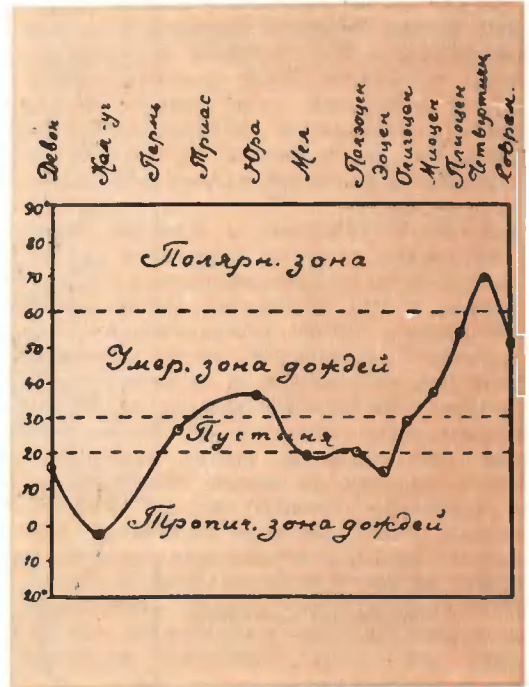
Одним из важнейших результатов перемещения масс на поверхности земли является изменение положения земной оси и ее полюсов.

Среди геологов, согласно с господствующим представлением о жизни земной коры, распространено отрицательное отношение к идее перемещения полюсов. Наряду с этим фактические данные нередко властно требуют для своего толкования иного расположения климатических поясов, чем ныне. Новая теория выводит историческую геологию и из этого противоречия.

О климатах прошлого широко распространены представления, часто несостоятельные с точки зрения элементарных положений метеорологии и астрономии. Так, нередко предполагается, что в древнейшие периоды климат земного шара был гораздо более теплый, и не было его деления на пояса; некоторые эпохи отличались будто бы исключительно сухим климатом, другие — влажным и т. д. и, наконец, периодически наступало общее охлаждение Земли, обуславливавшее так называемые ледниковые эпохи, неоднократно повторявшиеся; эти последние ставят особенно большие затруднения объяснению их нормальными климатическими и астрономическими условиями.

Нахождение ледниковых отложений среди осадков не только «исторического» периода жизни Земли (от кембрия до наших дней), но и среди докембрийских отложений (алгонкского периода в Северной Америке) заставляет, вопреки только что сказанному, предполагать, что климат поверхности земли за все это время не подвергался сколько-нибудь существенным изменениям, всегда был близок современному и характеризовался теми же,

в общем, поясами. Упомянутые же ложные и как бы даже неестественные представления являлись результатом того, что геологическую историю Земли обычно ориентируют по одной Европе, как лучше других стран изученной, доставившей наибольший и наиболее убедительный материал, перенося климатические (и другие) условия небольшого клочка поверхности земного шара на весь земной шар: таким путем только и мог оказаться сухой или влажный климат, теплый или холодный, рас-

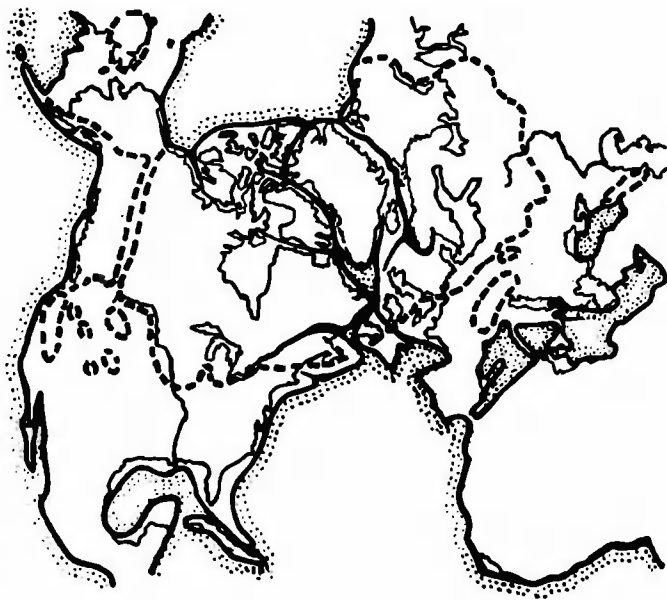


пространенным по всему свету; а так как жаркий пояс обнимает половину, или 50% поверхности земли, тогда как холодный — немного более 10%, то наибольшая вероятность среди ископаемых осадков встретить именно отложения теплого климата; для Европы эта вероятность увеличивалась тем, что в течение целого ряда периодов Северный полюс находился в области Тихого океана (а южный — в области смещенной Антарктики). Более внимательное отношение к этому вопросу позволит, вероятно, установить климатические кривые для отдельных областей и, на основании их, приблизительную широту этих областей в каждую эпоху. А зная широты нескольких или многих об-

ластей в данную эпоху, можно будет наметить приблизительное положение полюсов и экватора этой эпохи.

Вопрос о перемещении полюсов имеет особенно острый интерес в отношении так называемых ледниковых периодов. Принимая во внимание только что сказанное, можно сделать такое заключение: во все те эпохи, когда полюсы находились вне литосферы (или в области, недоступной современному исследователю литосферы, например, Антарктике), геолог склонен

Положение континентальных массивов в четвертичный период (великое оледенение).



Кривая климата Германии в минувшие периоды, свидетельствующая о нахождении ее в различных климатических поясах, т. е. на различных широтах.

был толковать климат Земли как теплый, так как встречаемые им осадки действительно в большинстве случаев принадлежали жаркому климату; в те эпохи, когда тот или другой полюс проходил через литосферу, он естественно вызывал образование осадков, которые побуждали геолога, признающего неподвижность полюсов, говорить о наступлении совершенно исключительных условий «ледникового» периода. На самом деле, климатические условия земного шара не подвергались в целом никаким изменениям — перемещалось лишь место образования разнотипных осадков, во всякую эпоху существующих на поверхности земли, в различных ее областях.

по-видимому, оледенение и этой площади происходило не одновременно, а ранее началось на западе, может быть, еще в третичное время¹¹, и затем лишь постепенно подвигалось на восток, то можно представить его себе как результат медлен-

¹⁰ При этом соединившаяся граница ледниковых покровов Северной Америки и Европы представляет непрерывную кривую, без перегиба.

¹¹ На это указывает и состав наземной фауны млекопитающих Североамериканских межледниковых отложений: в Европе оледенение на западе также совершилось, по-видимому, раньше, чем на востоке.

ного перемещения полюса от северного берега Гудзонова залива через Гренландию до северной части Скандинавии; тогда для объяснения ледяного покрова Северного полушария не потребуются никаких особых климатических условий — он уложится в обычную шапку льда, покрывающую полюс Земли, но только медленно перемещавшуюся. А если представить, что движение полюса шло не по прямой линии, а зигзагообразно, отходя то к «северу», то к «югу», то понятными окажутся и чередования ледниковых и межледниковых эпох¹².

В особенности большое упрощение вносит новая теория в понимание оледенения конца палеозоя. Как известно, по принятым реконструкциям, южный материк, или Гондвана, занимала в это время колоссальное пространство, соединяя в одно целое Южную Америку, Африку, Индостан и Австралию; почти на всем этом протяжении в известный геологический момент был развит ледниковый покров, охватывавший таким образом почти целое полушарие, — в то время как противоположное, Северное полушарие было свободно ото льда¹³. Такого метеорологического и астрономического абсурда не требует новая теория: по ее построению (см. рис.) Гондвана занимала очень небольшое пространство, так как все удвинутые составные ее части были тесно сдвинуты между собою, и ее ледниковый покров — не больше четвертичного оледенения Северного полушария; предположение о неодновременности оледенения и здесь имеет основания, и, таким образом, вопрос и в данном случае получает про-

сток, не требующее экстраординарных условий решение.

Восстанавливая приблизительное положение полюсов (и экваторов) для различных периодов, мы приходим к ряду любопытных сопоставлений, из которых наиболее заслуживает внимания следующее: выше было предположено, что главный складчатый пояс Земли совпадает с экваториальной областью; восстанавливая экватор каменноугольного и пермского периодов, мы находим, что он далеко не всюду совпадает с полосой герцинской складчатости (принадлежащей как раз этому времени), как она расположена на современных материках: но если мы материки вернем в то положение, которое они должны были занимать, согласно рассматриваемой теории, то совпадение получается полное.

Возможно, что и трансгрессии моря, столь энергично развивавшиеся в некоторые эпохи истории Земли, также стоят в связи с перемещением полюсов: от перемещения полюсов данный континент получает различное географическое положение, и так как океан скорее приспосабливается к новому положению, чем суша, то трансгрессия на континент увеличивается с уменьшением широты и обратно.

Таковы же многообразные вопросы, к которым так просто подходит новая теория, попутно разрушая неуклюжие предположения, которыми заросла за свое вековое существование история Земли. Она увлекает и манит. И нужно сделать над собой усилие, чтобы покинуть слишком легко развешивающиеся перспективы и перейти к систематическому фактическому ее обоснованию.

Но прежде чем мы перейдем к проверке новой теории на материалах прошлого, мы можем поставить ей своего рода *experimentum crucis*; если континенты перемещались в минувшие периоды, то они перемещаются и сейчас, и естественно искать доказательств этому в изменении широт и долгот отдельных точек. И вот оказывается, по измерениям астрономических долгот Гренландии за истекшее столетие, что она действительно удалилась за это время от Европы, и скорость ее движения — в среднем, около 20 м в год. Это что касается движения с востока на запад; что касается движения к экватору, то также наблюдается неизменно прогрессирующее уменьшение широт европейских обсерваторий (за 30 лет уменьшение выражается в 0,15—1,5")...

Остается вопрос о тех условиях и

¹² При таком толковании происхождения ледникового покрова ясно делается и отсутствие обширного оледенения в северной Азии. Что касается Южного полюса и соответствующего оледенения, то оно приходилось на Австралию, лежавшую тогда значительно южнее (оттого там наблюдается в это время вымирание крупных сумчатых, как *Diprotodon* и др.). Наоборот, Патагония лежала под 30° ю. ш. и в ее теплом климате продолжался расцвет фауны млекопитающих. Таким образом, современное толкование стратиграфии Южной Америки — где старались также непременно найти «теплые» третичные и «холодные» четвертичные осадки — требует серьезного пересмотра.

¹³ Имеются предположения о нахождении ледниковых отложений на Урале, сравнительно на незначительном пространстве.

тех силах, которые могли бы вызывать предположенные перемещения в толще земной коры, другими словами, геофизическое освещение этого процесса. Но это — большая самостоятельная тема. Послужит ли в ущерб изложенному представлению о процессе истории земной коры, если эту вторую тему мы оставим пока без рассмотрения? Должно ли вообще иметь решающее значение в судьбе новой теории слово геофизика?

Историческая геология и геофизика подходят к земному шару с различными задачами, но и с неодинаковыми приемами исследования. Приемы исторической геологии, едва поднимающейся над первой стадией накопления фактического материала, наивно просты, но и убедительны — как всякое доказательство на почве фактов; приемы геофизики логически глубоки, но достаточно ничтожной ошибки в предпосылках, чтобы все сложное здание стройных, математически точных заключений неизбежно рухнуло. Казалось бы, какое положение могло быть более достоверным, как не постепенное остывание Земли, несущейся в мировом пространстве. Но геолог находит ледниковые отложения среди осадков давно минувших эпох, и они, вопреки «достоверным» теориям, с очевидностью говорят ему о неизменности климата земного шара. А затем соглашается с этим и геофизика — находит те условия (см. выше), которые разрушили казавшееся незыблемым положение об остывании Земли.

Также и здесь, если бы даже построение Вегенера оказалось геофизически возможным, оно все равно должно было бы рухнуть, если бы его не подтвердили исторические факты; как правильно будет и обратное: пусть протестует геофизик, историк будет продолжать работу над заинтересовавшей его мыслью, и, если убедится в ее справедливости, будет спокойно ждать, пока найдет ей свое объяснение и геофизик.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

А. А. БОРИСЯКА В «ПРИРОДЕ»

НОВЫЕ НАХОДКИ ОСТАТКОВ НАЗЕМНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ТРЕТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РОССИИ. 1915. № 9.

О ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ. 1918. № 2—3.

ПУТИ ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ. 1922. № 3—5.

НОВАЯ ЭРА В ПАЛЕОНТОЛОГИИ БЕСПОЗВОНЧНЫХ. 1925. № 4—6.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ АКАДЕМИИ НАУК В РУССКОЙ ГЕОЛОГИИ. 1925. № 7—9.

ТЕКТОНИКА АЗИИ. 1927. № 4. № 12.

ОЧЕРЕДНАЯ ЗАДАЧА РУССКОЙ ПАЛЕОНТОЛОГИИ. 1928. № 4.

ЧАРЛЬЗ ДАРВИН И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЛЕТОПИСЬ. 1932. № 6—7.

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ ЗА 15 ЛЕТ. 1933. № 3—4.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Пейве А. В. ГЕОЛОГИЯ СЕГОДНЯ И ЗАВТРА.— «Природа», 1977, № 6.

Хани В. Е. ПРОИСХОДИТ ЛИ НАУЧНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В ГЕОЛОГИИ? — «Природа», 1970, № 1.

Зоненшайн Л. П., Городницкий А. М. ПАЛЕО-ОКЕАНЫ И ДВИЖЕНИЕ КОНТИНЕНТОВ.— «Природа», 1976, № 11.

ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ АТОМНОГО ЯДРА

Л. А. Арцимович, А. И. Алиханьян



Лев Андреевич Арцимович [1909—1973], выдающийся советский физик и организатор науки, академик [с 1953 г.], академик-секретарь Отделения общей физики и астрономии АН СССР [с 1957 г.]. В 1930—1944 гг. работал в Ленинградском физико-техническом институте, с 1944 г. — в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова. Лауреат Ленинской [1958] и Государственных премий [1953, 1971], Герой Социалистического Труда.

Основные научные труды посвящены проблемам атомной и ядерной физики. В 1936 г. совместно с А. И. Алихановым и А. И. Алиханьяном доказал справедливость закона сохранения энергии и импульса при аннигиляции электрона и позитрона. Выполнил ряд исследований по электронной оптике. Под его руководством впервые в СССР был разработан электромагнитный метод разделения изотопов. С 1951 г. возглавлял разработку важнейшей научно-технической проблемы современности — проблемы управляемого термоядерного синтеза. В 1952 г. совместно с сотрудниками открыл нейтронное излучение высокотемпературной плазмы. Под его руководством были созданы установки «Токамак», на которых впервые была осуществлена физическая термоядерная реакция в квазистационарной плазме.

В «Природе» опубликованы статьи: Термоядерные реакции [поники управляемой термоядерной реакции] [совместно с С. Ю. Лукьяновым] [1957, № 1]; Физика очень горячей плазмы [1965, № 4]; Физика высокотемпературной плазмы [1969, № 8]; Будущее принадлежит астрофизике [1972, № 9].

Артем Исаакович Алиханьян (р. 1908 г.), известный советский физик, член-корреспондент АН СССР [с 1946 г.], академик АН Армянской ССР [с 1943 г.], заведующий лабораторией Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. В 1930—1941 гг. работал в Ленинградском физико-техническом институте. С 1943 по 1973 г. директор основанного им Ереванского физического института. Лауреат Ленинской [1970] и Государственных [1941, 1948] премий.

Основные научные работы посвящены ядерной физике, космическим лучам и ускорителям. Вместе с братом А. И. Алихановым и М. С. Козодаевым открыл испускание электронно-позитронных пар возбужденными ядрами. Доказал совместно с А. И. Алихановым и Л. А. Арцимовичем справедливость закона сохранения энергии и импульса при аннигиляции электрона и позитрона. С А. И. Алихановым и сотрудниками открыл в космических лучах интенсивный поток быстрых протонов, получил первые указания на существование частиц с массами, промежуточными между массой мюона и протона. Совместно с сотрудниками развил методику трековой искровой камеры в магнитном поле, создав новый способ точного измерения импульсов частиц очень высоких энергий. Автор и руководитель проекта Ереванского ускорителя электронов с энергией до 6 ГэВ.

В «Природе» опубликованы статьи: Электронный ускоритель АРУС на 6 миллиардов электрон-вольт [1968, № 11], Электромагнитные взаимодействия при высоких энергиях [1972, № 12].

ВВЕДЕНИЕ

ОСНОВНОЙ задачей физики начала XX в. явилось изучение атома, обогатившее науку многочисленными новыми фактами и принципиально новыми понятиями.

Физика XIX в. развивалась по преимуществу в направлении изучения макроскопических явлений. Ее задачей было исследование силовых полей, завершившееся построением теории электромагнитных явлений. Свойства и внутренняя структура атомов не участвовали в построении физической картины мира и не были предметом экспериментального исследования.

Представления об атоме в XIX в. были грубо упрощенными: атом рисовался физикам или в виде твердого шарика, или в виде вихря в эфире. Считалось совершенно несомненным, что к атомам полностью применимы законы ньютоновской механики. Только сейчас можно оценить тот громадный сдвиг в развитии физического мировоззрения, который принесли исследования первых трех десятилетий нашего века.

Опыты Резерфорда с рассеянием α -частиц впервые доказали, что атом построен аналогично планетной системе, в центре которой расположено атомное ядро. Эти опыты стали исходным пунктом для построения модели атома. Однако оказалось, что построение модели атома, согласующейся с опытными фактами, невозможно на базе классической физики. Только после отказа от классических представлений и введения новых квантовых постулатов, чуждых духу классической физики, Бору удалось построить модель атома и открыть новую страницу в развитии науки.

Настоящий смысл боровских постулатов стал, однако, понятным только после создания новой квантовой механики — механики атомных явлений.

Основной результат, к которому привело нас развитие атомной физики, заключается в том, что законы, управляющие элементарными явлениями и проявляющиеся при переходе к малым массам и малым расстояниям, существенно отличны от тех, с которыми мы встречаемся, оперируя в мире окружающих нас макроскопических объектов.

Изменения, внесенные новой механикой в физику, несут весьма глубокий и революционный характер. Они касаются самых основных представлений и понятий — понятия состояния физической системы, динамических переменных, опреде-

ляющих поведение системы, понятия частицы и волны.

Квантовая механика позволяет значительно углубить наше представление о структуре материи. Она уничтожает односторонность волновой и корпускулярной картины физических процессов и показывает, как в одних и тех же процессах проявляются и волновые и корпускулярные свойства вещества.

Наряду с этим квантовая механика явилась резервуаром громадного числа новых идей, позволивших разъяснить тот чрезвычайно обширный фактический материал, который был накоплен предшествующим развитием физики. Проблема спектров, магнитные свойства тел, природа химической связи, электрический ток в металлах — все эти важнейшие проблемы впервые получили настоящее объяснение на базе новой механики.

Впечатление, произведенное этим переворотом и его блестящими результатами в среде самих физиков, было настолько велико, что в 1930—1931 гг. некоторым исследователям пригрезилась картина полного завершения научного здания физики.

В действительности, однако, оказалось, что, уничтожив тот предел в наших знаниях, который существовал до появления теории атомов, физика столкнулась с новыми, еще более глубокими проблемами — проблемой строения атомного ядра и структуры элементарных частиц. В настоящее время мы можем утверждать, что именно эти проблемы наиболее актуальны с научной точки зрения и именно в них заложен ключ к дальнейшему движению вперед всего точного естествознания.

Естественно спросить, на чем основано это утверждение и почему мы придаем такое большое значение проблемам ядерной физики? В чем заключается принципиальное отличие ядерных процессов от всех тех явлений, с которыми мы имели дело до сих пор? С какими новыми трудностями нам приходится сталкиваться в этой области? На эти вопросы можно ответить следующее.

Первая существенная особенность ядерных процессов заключается в том, что они разыгрываются на чрезвычайно малых расстояниях, сравнимых с размерами самих элементарных частиц. Поэтому мы можем предполагать, что здесь должна проявиться внутренняя структура этих частиц. Опыт показывает, что такое предположение на самом деле правильно. Опыт показывает, что на этих малых расстояниях существенную роль начинают играть

силы совершенно нового вида, не сводимые к силам электромагнитного происхождения. Появление этих принципиально новых сил делает задачу объяснения ядерных процессов особенно трудной, но вместе с тем еще более привлекательной.

Вторая особенность ядерных процессов, тесно связанная с первой, заключается в том, что при этих процессах частицы обмениваются очень большими порциями энергии. Энергия, поглощаемая или выделяемая при ядерных процессах, по порядку величины сравнима с собственной энергией легких частиц — электронов, позитронов, нейтрино. Поэтому энергетические превращения, происходящие в ядрах, могут сопровождаться рождением и исчезновением этих частиц. Таким образом, в ядерных процессах мы можем непосредственно столкнуться и действительно сталкиваемся с превращениями так называемых элементарных частиц материи.

Первым крупным достижением современной ядерной физики было экспериментальное обнаружение новых элементарных частиц. К известным ранее элементарным частицам — протону и электрону — с 1932 г. прибавились позитрон и нейтрон, существование которых в настоящее время можно считать твердо доказанным.

Исследования по β -распаду вынуждают нас к признанию еще одной элементарной частицы — нейтрино, не имеющей заряда и обладающей весьма малой массой, а последние работы по космическим лучам привели к открытию мезотронов — заряженных частиц с массой порядка 100—200 масс электрона.

Для развития наших представлений о природе элементарных частиц особенно важную роль сыграло открытие нейтронов. Необходимо подчеркнуть, что здесь дело идет не о какой-нибудь мелкой детали в строении вещества. Мы знаем сейчас, что больше половины массы любого вещества связано с нейтронами. Однако даже не в этом поразительном факте, о котором мы и не подозревали 8 лет тому назад, сказывается все значение открытия нейтронов. Для физики гораздо важнее было обнаружение частицы, самое существование которой подорвало твердо укоренившееся убеждение в том, что все физические явления можно в конечном счете свести к электромагнитным силам. Таким образом, в порядок дня после открытия нейтрона был заново поставлен вопрос о природе сил, действующих между элементарными частицами.

Постараемся теперь в общих чертах

обрисовать проблемы, которые стоят перед физикой атомного ядра. Нам предстоит рассмотреть, во-первых, вопрос о новых элементарных частицах и силах, действующих между ними, и связанный с этим вопрос о взаимных превращениях элементарных частиц.

Попутно мы должны будем коснуться некоторых свойств космического излучения. Во-вторых, мы должны рассмотреть проблему строения атомных ядер. Наконец, нужно будет оценить общие успехи в области исследования ядерных реакций.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Пока были известны только два сорта элементарных частиц — электроны и протоны, естественно было предполагать, что все атомные ядра построены из этих частиц. Однако ряд непреодолимых трудностей, на которые натолкнулись при последовательном проведении этой гипотезы, уже давно заставил большинство физиков отказаться от допущения о существовании электронов в ядре, отказаться от модели ядра, построенного из протонов и электронов. После открытия нейтрона стало очевидным, что ядра всех элементов построены только из нейтронов и протонов. Число протонов определяет заряд и, соответственно, место, занимаемое данным элементом в Периодической системе Менделеева. Полное число частиц (нейтронов и протонов) определяет массу ядра и, соответственно, атомный вес элемента. Ясно поэтому, что понять глубоко структуру ядер можно только после того, как будут известны силы, действующие между образующими эти ядра тяжелыми элементарными частицами — нейтронами и протонами. Современные теории пока еще не в состоянии дать нам руководящую идею для понимания ядерных сил. Поэтому основная роль в изучении этих сил сейчас принадлежит эксперименту.

Совокупность имеющихся в настоящее время экспериментальных данных явно недостаточна для построения исчерпывающей картины взаимодействия элементарных частиц. Однако уже сейчас мы можем извлечь из экспериментальных данных ряд важных сведений о характере этого взаимодействия. Самым прямым и наиболее плодотворным методом анализа сил, действующих между элементарными частицами, является изучение столкновений между ними. Если мы желаем изучить характер взаимодействия, например, между

нейтронами и протонами, то для этой цели мы можем направить пучок нейтронов на вещество, содержащее водород, и наблюдать отдельные акты столкновения нейтронов с протонами. Нейтрон, пролетающий на достаточно близком расстоянии от одного из протонов, вступает с ним во взаимодействие, в результате чего может иметь место единственный акт рассеяния: нейтрон отклоняется в сторону и протон также получает импульс. Опыты такого типа служат в настоящее время основным источником наших сведений о силах, действующих между нейтроном и протоном, а также о силах, действующих между двумя протонами. Наблюдения рассеяния пучка нейтронов, проходящих через среду, содержащую водород, показали, что силы, действующие между нейтронами и протонами, обладают очень малым радиусом действия и проявляются лишь на расстояниях порядка 10^{-13} см. На этих расстояниях силы взаимодействия очень велики: потенциальная энергия достигает нескольких десятков миллионов вольт. Точная форма зависимости сил от расстояния нам, однако, сейчас еще неизвестна. Рассеяние частиц в поле сил представляет собой волновой процесс, аналогичный дифракции волн света или звука от маленького сферического препятствия. Детали структуры поля могут поэтому сказаться на характере рассеяния только в том случае, если скорость частиц настолько велика, что их длина волны значительно меньше, чем радиус действия силового поля. В настоящее время мы умеем получать интенсивные потоки нейтронов с энергией порядка нескольких миллионов электрон-вольт. Однако де-бройлевская длина волны таких нейтронов еще велика по сравнению с радиусом действия ядерных сил, и поэтому вполне естественно, что точный характер изменения сил с расстоянием в опытах по рассеянию пока еще не может быть определен.

Для того чтобы получить более точные сведения о характере сил, нужно было бы воспользоваться нейтронами с более короткой длиной волны, т. е. нейтронами с энергией в 20—30 миллионов электрон-вольт.

Эта задача еще не была разрешена. Лишь в последние годы, в связи с работой на циклотронах, возникла возможность получать столь быстрые нейтроны. Нужно думать, что в ближайшие годы классический метод изучения сил по рассеянию частиц и в этом случае даст решающие результаты.

Несмотря на то, однако, что наши сведения о силах между нейтронами и про-

тонами пока еще столь несовершенны, уже сейчас можно сделать одно важное заключение о природе этих сил.

Можно утверждать, что они не являются силами электромагнитного происхождения. Все попытки объяснить этим путем взаимодействие нейтрона и протона потерпели крушение. Впервые в истории новой физики нарушается, таким образом, тенденция объяснить всю совокупность явлений физического мира электрическими силами, законность которой, казалось, была обоснована громадными завоеваниями электронной физики атома.

Экспериментальные работы в области ядерных взаимодействий дают нам еще и другие доказательства существования новых сил взаимодействия неэлектромагнитного характера между тяжелыми элементарными частицами. С этими новыми силами мы сталкиваемся и при изучении взаимодействия протонов с протонами. Исследования рассеяния протонов протонами привели к замечательному выводу. Оказалось, что кулоновские силы отталкивания, господствующие на больших расстояниях, между двумя протонами заменяются силами притяжения на расстояниях порядка 10^{-13} см. Так как этот результат имеет весьма большое принципиальное значение, то мы считаем целесообразным осветить подробнее тот экспериментальный материал, который лежит в его основе.

На рис. 1 представлена схема опытов по рассеянию протонов протонами. Узкий лучок быстрых протонов, разогнанных при помощи высоковольтной трубки или в циклотроне, направляется в коробку, наполненную водородом. Наблюдается число рассеянных частиц под разными углами по отношению к направлению падающего пучка. Угол рассеяния, как известно, определяется тем расстоянием, на котором пролетают друг от друга взаимодействующие протоны. Чем меньше это расстояние, тем, очевидно, на больший угол отклонится быстрый протон при столкновении с ядром водорода. Ввиду того что вероятность малых расстояний полета очень мала, число отклоненных на большие углы частиц также оказывается ничтожным.

Вероятность отклонения на разные углы может быть сравнительно просто рассчитана, если известно, как зависят силы от расстояния между взаимодействующими частицами. Для случая кулоновского отталкивания двух заряженных частиц такой расчет был произведен уже давно.

Диаграмма (рис. 2) представляет собой сравнение опытных результатов с

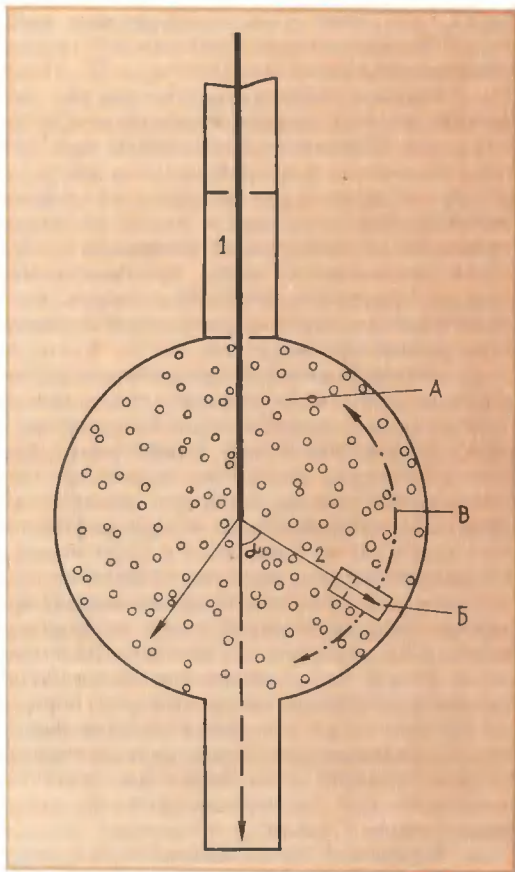


Рис. 1. Схема прибора для исследования рассеяния протонов протонами. А — камера рассеяния, наполненная водородом; Б — счетчик рассеянных протонов.

Этот счетчик может устанавливаться под разными углами к первичному пучку протонов, передвигаясь по дуге В.

1 — первичный пучок протонов, попадающих в камеру рассеяния из высоковольтной трубки или циклотрона; 2 — пути двух протонов после их столкновения.

Один из этих протонов до столкновения принадлежал к первичному пучку и двигался по направлению 1. Другой протон до столкновения пошел и принадлежал одному из атомов водорода, наполняющего камеру.

классической теорией. По оси ординат на диаграмме отложено отношение действительно наблюдаемого числа рассеянных частиц к рассчитанному в предположении, что между протонами действуют только кулоновские силы. По оси абсцисс отложены углы, при которых ведется наблю-

дение. В том случае, если бы между протонами существовали только кулоновские силы, точки на диаграмме располагались бы вдоль прямой линии, параллельной оси абсцисс и пересекающей в единице ось ординат. Эта прямая на диаграмме представлена пунктирной линией.

Сплошные линии на диаграмме представляют результат эксперимента; разные кривые относятся к разным энергиям первичного пучка протонов. Для малых углов эксперимент дает значения, близкие к вычисленным. Этого, конечно, и следовало ожидать, так как отклонения на малые углы соответствуют большим расстояниям между сталкивающимися частицами, а на больших расстояниях взаимодействие протонов исчерпывается кулоновским отталкиванием. Для больших углов отклонения, наоборот, мы видим чрезвычайно большие отступления экспериментальных результатов от расчетов теории. Эти отступления тем более значительны, чем выше начальная энергия частицы. При начальной энергии, равной 2,4 миллиона электрон-вольт, измеренное на опыте число частиц, рассеянных под углом в 45° , оказывается в 40 раз больше рассчитанного. Отсюда мы сразу заключаем, что при малых расстояниях между протонами силы взаимодействия гораздо больше кулоновских сил отталкивания. Но почему же мы заключаем, что эти силы отличны от кулоновских не только по величине, но и по знаку, что нам позволяет утверждать, что они являются силами притяжения? Ответ мы получаем из этой же диаграммы при более внимательном ее анализе. Мы видим, что при некоторых условиях (углах рассеяния и скоростях падающих протонов) на опыте наблюдается не большее, а во много раз меньшее рассеяние, чем вычисленное из предположения о кулоновских силах. Такой ход кривой можно понять, только предположив, что на некотором расстоянии кулоновские силы отталкивания компенсируются специфическими ядерными силами притяжения и протоны, проходящие на этих расстояниях, испытывают очень малое отклонение. Только допустив переход отталкивательных сил в силы притяжения, можно таким образом объяснить всю совокупность опытных фактов. Точная форма зависимости сил притяжения между протонами от расстояния между ними пока еще недостаточно изучена по тем же причинам, как и для случая взаимодействия нейтрона с протоном. Нельзя недооценивать, однако, важности этих наблюдений; нельзя недооценивать факта перемены знака сил на

малых расстояниях, а также того замечательного обстоятельства, что силы притяжения между двумя протонами оказываются по величине (в пределах точности современных экспериментов) равными силам взаимодействия между нейтронами и протонами. Таким образом, мы приходим к замечательному выводу о том, что специфические ядерные силы не зависят от заряда частиц. Будущая теория сил, действующих между элементарными частицами вещества, должна, помимо тех основных особенностей, на которые уже указывалось, объяснить еще одно важное обстоятельство, с которым мы сталкиваемся при изучении свойств стабильных атомных ядер. Опыт показывает, что плотность вещества в ядре не зависит от объема ядра и числа содержащихся в нем нейтронов и протонов. На первый взгляд может казаться, что в этом нет ничего странного. С таким же постоянством плотности мы встречаемся, например, в твердых телах, где также нет заметной зависимости плотности от объема тела, от числа частиц в этом объеме, и где мы рассматриваем этот факт как совершенно тривиальный. Вспомним теперь, что постоянство плотности твердого тела связано с наличием и равновесием сил притяжения и отталкивания между его частицами.

По аналогии мы должны были бы, следовательно, допустить, что силы между ядерными частицами также обладают полярным характером. Мы должны были бы допустить, например, что одинаковые частицы отталкиваются, а различные притягиваются. Однако, как это мы только что видели, между одинаковыми частицами также существует притяжение, а не отталкивание. Этим самым факт постоянства плотности вещества в ядре встает как весьма серьезная и нетривиальная проблема.

В этом случае, если существуют только силы притяжения и, кроме того, каждая частица взаимодействует со всеми частицами ядра, плотность ядра должна неизбежно возрастать при увеличении числа частиц.

В настоящее время у нас есть единственный путь для решения этой трудности. Мы должны допустить, что ядерные силы по своему характеру до известной степени аналогичны силам связи обменного типа, при помощи которых в химии объясняется гомеоплярная связь в молекулах. Эти химические силы обладают тем свойством, что они прочно связывают только небольшое число партнеров в отдельные комплексы. Так, атомы водорода связываются меж-

ду собой попарно и эти пары (молекулы) практически не взаимодействуют друг с другом. Если ядерные частицы взаимодействуют таким же образом, то энергия ядра будет складываться из энергии отдельных комплексов практически аддитивно и не будет сил, уплотняющих ядерные системы с возрастанием в них числа частиц. Такое предположение о характере ядерных сил, как мы видели, диктуется опытными данными, однако не следует забывать, что аналогия, проводимая нами, чисто формальная, поскольку до настояще-

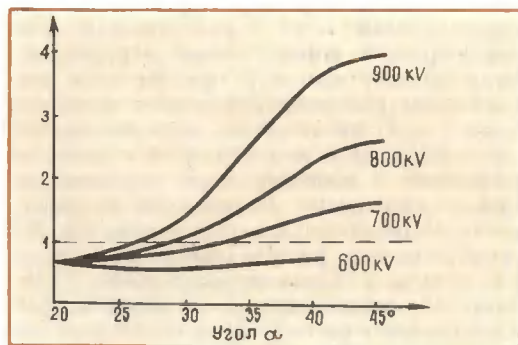


Рис. 2. Результаты измерений рассеяния протонов протонами при начальных энергиях от 600 до 900 кВ.

По оси абсцисс отложен угол, под которым наблюдаются рассеянные протоны. По оси ординат отложено отношение наблюдаемого числа рассеянных частиц к тому числу, которое должно получаться, если предположить, что между протонами действует только кулоновское отталкивание. Числа у кривых обозначают начальную энергию протонов.

го времени истинная природа сил взаимодействия между ядерными частицами нам неизвестна. Обменные силы, связывающие два атома водорода в молекулу водорода, вызваны тем, что электроны непрерывно переходят от оболочки одного атома к оболочке другого и осуществляют связь атомов в молекуле, притягиваясь к положительным ядрам обоих атомов. На основе этой аналогии было сделано предположение, что силы взаимодействия между нейтроном и протоном также вызваны обменом частицы. В первое время казалось, что связь между нейтроном и протоном осуществляется обменом легкими частицами (электронами и нейтрино, о которых речь будет идти дальше). Оговоримся сразу же, что такое предположение не озна-

чало того, что электроны и нейтрино содержатся внутри протона или нейтрона, а дело представлялось так, что электрон и нейтрино рождаются одной из тяжелых частиц и поглощаются другой. Непрерывное рождение и должно было приводить к силам связи между тяжелыми частицами — нейтроном и протоном.

Замечательная идея рождения частиц, которая, по всей вероятности, решит вопрос о природе ядерных сил, находит непосредственно экспериментальное обоснование в известном факте β -радиоактивности. Само явление β -радиоактивности, как известно, заключается в том, что ядро атома испускает отрицательный или положительный электрон, в результате чего данный атом превращается в атом соседнего элемента Периодической системы. Сейчас достоверно известно, что ядра состоят из нейтронов и протонов и никаких электронов и позитронов внутри себя не содержат. Спрашивается, откуда же берутся электроны при β -распаде, если они с самого начала в ядрах не содержались? Естественно сделать вывод, что они рождаются в процессе распада. В явлении β -распада мы, следовательно, получаем возможность проследить процесс рождения электрона, связанный с тем, что одна из элементарных частиц ядра — нейтрон превращается в протон. В обычных, устойчивых ядрах обмен легкой частицей между нейтроном и протоном внешне никак не сказывается, и мы его можем не замечать, в то время как в явлении β -распада мы наблюдаем одно из проявлений этого обмена, так как имеем возможность зарегистрировать вылетающий электрон. Так возникла мысль использовать процесс β -распада и для решения вопроса о механизме ядерных сил. Эта заманчивая идея натолкнулась, однако, на ряд непреодолимых трудностей. Прежде всего это относится к самому процессу β -распада, при котором мы сталкиваемся с кажущимся нарушением закона сохранения энергии. Чуть ли ни с самого момента открытия β -радиоактивности был обнаружен фундаментальный факт, который до наших дней не нашел своего окончательного объяснения. Оказалось, что электроны, испускаемые ядрами определенного радиоактивного элемента, покидают ядра с самыми разнообразными энергиями — от нуля вплоть до некоторой максимальной. В то же время ядра, получающиеся в результате распада, совершенно одинаковы, так же как были одинаковы исходные ядра. Тот факт, что электроны покидают ядра не

с дискретными значениями энергии, прямо противоречит закону сохранения энергии. Детальное рассмотрение процесса β -радиоактивности приводит нас к заключению, что здесь, кроме того, нарушается закон сохранения момента количества движения. Эти факты, столь резко противоречащие основным законам, которым подчиняются все явления атомной физики и микромеханики, заставили выделить β -распад в особую, большую проблему, имеющую громадный принципиальный интерес.

Безвыходное положение, перед которым оказалась эта проблема, могло бы быть ликвидировано, если бы наряду с электронами при β -распаде испускалась вторая частица, уносящая определенную часть энергии и момент количества движения, равный

$$\frac{1}{2} \frac{h}{2\pi}$$

Такая гипотетическая частица «нейтрино», введенная Паули, однако еще не наблюдалась, и усилия физиков в настоящее время направлены к тому, чтобы доказать ее существование, если не прямым, то хотя бы косвенным методом. Мы уже говорили, что испускание электрона (это же относится и к испусканию нейтрино) тесно связано с возможностью зарождения этих частиц. Уместно здесь будет сказать, что с аналогичным вопросом мы сталкиваемся при испускании света атомами. И в этом случае мы также не предполагаем, что атомы содержат готовые кванты, которые затем излучаются, а допускаем рождение световых квантов, которые испускаются при переходе атомов из одного энергетического состояния в другое. Различие в этих двух процессах сводится к тому, что процесс излучения света нам хорошо понятен, так как нам хорошо известны законы электромагнитного поля. Законы же нового силового поля нам еще неизвестны. Несмотря на это, можно было попытаться объяснить основные закономерности β -распада и ядерные силы при помощи последовательного развития идеи рождения частиц. Такие попытки, однако, привели к весьма неутешительным результатам как с точки зрения β -распада, так и ядерных сил. Так, например, оказалось, что вычисленные силы взаимодействия между нейтроном и протоном в 10^{17} меньше, чем это следует из опытов по рассеянию нейтронов в водороде. Только новые экспериментальные факты в состоянии изменить столь неблагоприятное положение теории. Эти новые факты связаны с открытием новых

частиц материи — мезотронов, обладающих зарядом электрона или позитрона и массой около 100—200 масс электрона. Совсем недавно было обнаружено, что мезотроны обладают способностью распадаться, и следует ожидать, что они превращаются при этом в электрон и нейтрино. Открытие мезотронов и их способность распадаться заставляют нас заново пересмотреть наши представления о механизме ядерных сил и процесса β -распада. Однако было бы чересчур поспешным отказываться от тех основных представлений, которые мы рассматривали выше.

В настоящее время естественно полагать, что частица, которую обмениваются нейтрон и протон, является мезотроном. В тех случаях, когда мезотрон при таком обмене распадается, мы наблюдаем вылетающий электрон (β -распад). Так рисуются с точки зрения мезотронов механизм ядерных сил и механизм β -распада, однако количественные выводы еще не сделаны. Вполне возможно, что открытие мезотронов позволит по-новому подойти к этому вопросу и тем самым, быть может, даст ключ к объяснению сил взаимодействия между тяжелыми частицами.

КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ

Изучение свойств тяжелых элементарных частиц и сил связи между ними неизменно сопровождалось очень интенсивным исследованием поведения и свойств легких частиц — электронов и квантов. Теперь, после изгнания из ядра электронов, на первый взгляд может показаться, что эти два вопроса не так органически связаны друг с другом.

Однако эта близорукая точка зрения отвергается хотя бы тем, что существует явление, в котором легкие частицы — электроны находятся в самом тесном взаимодействии с тяжелыми. Речь идет о радиоактивном распаде ядер с испусканием электронов, т. е. β -распаде, о котором уже говорилось выше.

Более того, самую связь между тяжелыми частицами пытались осуществить через посредство легких частиц в механизме обмена зарядами между протоном и нейтроном. Этим соображений достаточно для обоснования того исключительного внимания, которое уделялось и уделяется исследованию свойств быстрых электронов и квантов большой энергии, испускаемых ядрами, и электронов и квантов огромных энергий, доходящих до нас в космическом излучении. Именно здесь мы встречаемся с частицами, кинетическая энергия которых

много больше собственной энергии покоя, и именно здесь мы сталкиваемся с процессами нового вида — с превращением одних видов частиц в другие или, выражаясь точнее, с превращением одних форм материи в другие. Здесь мы обнаруживаем, что электромагнитное излучение с малой длиной волны (γ -лучи) может при взаимодействии с электрическим полем ядра превратиться в пару — электрон и позитрон. Образование пары γ -лучами возможно только тогда, когда энергия γ -квантов равна или больше одного миллиона вольт, так как на создание массы электрона необходима энергия m_0c^2 , т. е. 500 000 электрон-вольт, а здесь у нас одновременно зарождаются две частицы. Можно было бы задать вопрос, почему собственно зарождается пара частиц, а не только одна, скажем, электрон или позитрон? Если бы в процессе взаимодействия γ -квантов с ядрами зарождалась только одна частица, например позитрон, то нарушился бы закон сохранения заряда и закон сохранения момента вращения.

Наряду с образованием пар, физики наблюдают и обратный процесс — исчезновение позитрона и электрона, которое происходит в результате их тесного сближения. При этом энергия, эквивалентная массе двух электронов, излучается в виде двух квантов с энергией 500 000 электрон-вольт. Образование пар и обратный ему процесс исчезновения электрона и позитрона могут быть легко, в общем, поняты из закона эквивалентности массы и энергии, даваемого нам теорией относительности, и закона сохранения заряда. Однако количественные данные об образовании пар, о вероятности этого процесса в зависимости от энергии квантов и напряженности электрического поля вблизи ядра дает нам только релятивистская квантовая механика. Поражает при этом та исключительная точность, с которой совпадают результаты опытов и выводы релятивистской квантовой механики. Такое точное согласие между теорией и экспериментом — явление весьма редкое в ядерной физике, где в большинстве случаев, сильно упрощая действительную картину, теория стремится дать хотя бы самые общие закономерности.

Релятивистская квантовая механика очень точно описывает не только процесс образования пар, но и очень большой круг других явлений. Сюда относится взаимодействие квантов со свободными электронами (комpton-эффект), со связанными в оболочке атома электронами (фотоэффект) и, наконец, торможение электронов

полюс ядра с испусканием квантов. Одно время казалось, однако, что и эта, столь хорошо согласующаяся с опытом, теория непригодна в области очень больших энергий электронов и квантов (в области сотен миллионов и миллиардов электрон-вольт).

Электроны обычных энергий, проходя через вещество, образуют на своем пути ионы и благодаря этому теряют постепенно энергию, хотя очень маленькими порциями, но зато очень часто. Электроны же больших энергий (десятки и сотни миллионов вольт), кроме потери энергии на ионизацию, согласно выводам теории, должны очень большую часть своей энергии терять в виде излучения квантов большой энергии. В этом случае энергия теряется хотя и не так часто, как при следующих друг за другом актах ионизации атомов, но зато очень большими порциями.

Насколько большую роль играет потеря энергии на излучение, можно видеть из того, что электрон с энергией в миллиард вольт может быть полностью заторможен слоем воды в 1 м или 3,8 мм свинца.

Релятивистская квантовая механика предсказывает, кроме того, что кванты очень большой энергии также должны обладать малой проникающей способностью, так как для них вероятность исчезнуть и обратиться в пару становится очень большой. Если прежде нам казалось, что проникающая способность γ -квантов будет тем больше, чем больше их энергия, то теперь мы знаем, что кванты с энергией в один миллиард вольт и кванты с энергией в несколько миллионов вольт должны обладать примерно одинаковой проникающей способностью. Этот поразительный вывод теории находится на первый взгляд в вопиющем противоречии с данными, полученными для космического излучения. Известно хорошо, что космические лучи доходят до нас, пройдя сквозь огромную толщину атмосферы; что они проходят метровые слои свинца, наблюдаются в глубоких шахтах и т. д. и т. д. Казалось, что теория в этой области энергии терпит полный крах. Тщательные исследования одного из очень интересных явлений ядерной физики показали, однако, что такое заключение относительно этой теории является неверным. Это явление известно под названием ливней и заключается в том, что из сравнительно небольшой толщи вещества иногда выпускаются целые снопы («ливни») частиц — электронов и позитронов.

Оказывается, что это явление может быть легко объяснено именно с точки зрения

малой проникающей способности электронов и квантов очень больших энергий. Электрон, войдя в слой вещества, например в свинцовую пластинку, уже на первых миллиметрах пути, наверное, испустит квант большой энергии. Этот квант скорее всего тут же по соседству превратится в пару — электрон и позитрон. Мы уже получили вместо одной три частицы: первичный электрон с уменьшенной энергией, вторичный электрон и позитрон. Очень велика вероятность того, что эти частицы, пройдя небольшой путь, создадут кванты, которые,



Рис. 3. Процесс образования ливня, наблюдаемый в камере Вильсона.

Первичная ионизирующая частица (электрон или позитрон) входит в пластинку, из которой она выходит, потеряв часть энергии и зародив жесткий γ -квант, обозначенный пунктиром. В дальнейшем процесс может пойти так, как это изображено на рисунке, из которого видно, что γ -квант зародил пару частиц, а электрон вновь создал γ -квант. После двух пластинок число частиц достигло четырех, после третьей — число их возросло еще и т. д.

в свою очередь, опять образуют пары, тем самым увеличивая общее число частиц. Так объясняются наблюдаемые ливни с точки зрения лавинной теории, целиком базирующейся на основах релятивистской квантовой механики (рис. 3).

Таким образом создается курьезное положение. С одной стороны, для объяснения ливней нужна малая проникающая способность электронов и квантов. С другой стороны, совершенно необходима и

большая проникающая способность частиц космического излучения. Единственным выходом из этого положения было допущение существования в космических лучах наряду с электронами других частиц, обладающих в отличие от электронов большой проникающей способностью.

Это возможно в том случае, если предпологаемые частицы обладают массой в десятки раз большей, чем электрон. Такие частицы будут иметь малые потери на излучение и соответственно большую проникающую способность. Так может быть

Непосредственные наблюдения в камере Вильсона подтвердили эту гипотезу. Были замечены частицы, которые по совокупности свойств непохожи ни на электроны, ни на протоны (рис. 4).

Их пути в камере Вильсона ничем не отличаются от путей быстрых электронов. Однако при прохождении через пластинку, поставленную поперек камеры Вильсона, мезотроны (в противоположность быстрым электронам) почти не теряют энергии и не создают ливней. От протонов их можно легко отличить тем, что путь протона с

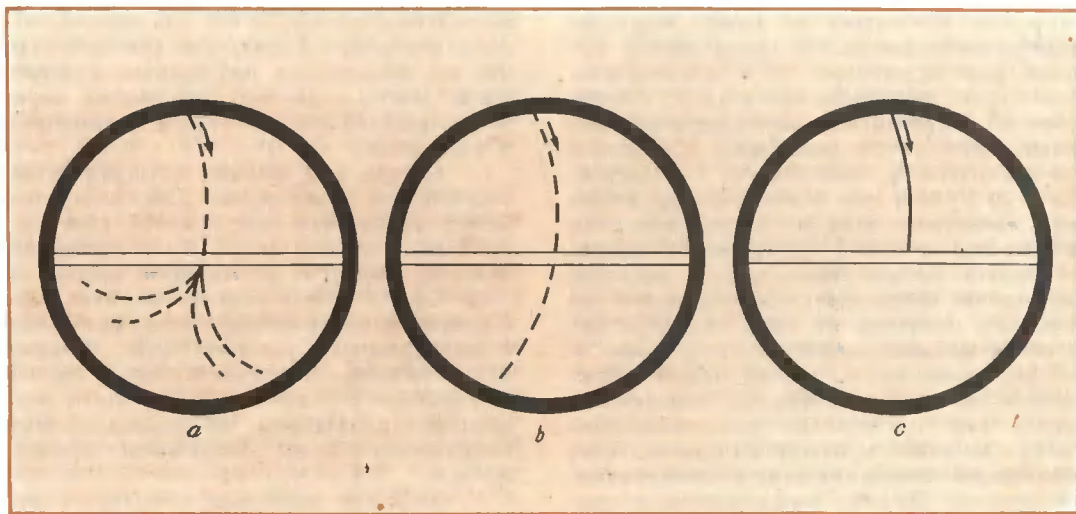


Рис. 4. а, б, с. Изображение путей в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле: а — быстрого электрона; б — мезотрона; с — протона.

Для наглядности начальная кривизна путей в магнитном поле выбрана одинаковой для всех трех частиц, т. е. все частицы взяты с одинаковыми начальными импульсами. (Кривизна путей в магнитном поле зависит от импульса частицы.)

Электрон, проходя через пластинку, быстро теряет свою энергию и создает ливни. Мезотрон при той же величине начального импульса почти не теряет энергии и свободно проходит через пластинку. Протон при таком же импульсе будет создавать очень много ионов на своем пути (жирный след в камере Вильсона) и не сможет пройти через пластинку. Таким образом удастся в камере Вильсона отличать пути мезотронов от путей электронов и протонов.

объяснена вся совокупность фактов. Отсюда возникла мысль о существовании мезотронов — частиц с зарядом электрона и массой, промежуточной между массой электрона и массой протона.

такой же кривизной должен быть, во-первых, гораздо более плотным, так как вероятность ионизации должна быть гораздо больше, и, во-вторых, пробег в газе гораздо меньше. Исходя из таких данных, можно было оценить массу мезотронов. Она оказалась порядка ста пятидесяти электронных масс. Существование мезотронов сейчас следует считать твердо установленным фактом. Курьезно, что около 80% всех космических частиц, наблюдающихся на уровне моря, являются мезотронами, о которых мы и не подозревали три года тому назад. Каково происхождение мезотронов? Приходят ли они к нам в качестве первичных частиц, гостей из космического пространства, или же они зарождаются в атмосфере Земли при прохождении через нее электронов и квантов больших энергий? На этот вопрос уже сейчас можно дать ответ. Из целого ряда независимых друг от друга наблюдений следует, что мезотроны являются вторичными частицами, т. е. что они зарождают-

ся в атмосфере под действием первичных частиц, приходящих из космического пространства.

Этот вывод, весьма важный для понимания природы и свойств мезотрона, можно сделать на основании изучения так называемого геомагнитного эффекта. Дело в том, что заряженные частицы, приходящие из космического пространства, попадая в магнитное поле Земли, отклоняются им так, что частицы, обладающие энергией, меньшей некоторой критической, не могут достигать определенных магнитных широт Земли. Так как нам известны энергии мезотронов, доходящих до уровня моря, то можно легко вычислить геомагнитный эффект для мезотронов, т. е. предсказать, как будет изменяться интенсивность мезотронов с широтой. Эти вычисления показывают, что если бы мезотроны шли к нам из космического пространства и подвергались по пути к нам отклоняющему действию магнитного поля Земли, то на экватор мезотроны не могли бы вообще попадать. Из опыта же мы знаем, что на экваторе мезотроны наблюдаются в количестве, не слишком отличном от того, что наблюдается на больших широтах. Это определенно указывает на то, что мезотроны образуются не очень далеко от поверхности земли так, что влияние магнитного поля Земли не может привести к существенному изменению интенсивности в зависимости от широты. Другим доказательством происхождения мезотронов в атмосфере Земли служит также способность мезотронов распадаться. Целый ряд наблюдений приводит нас к заключению, что в отличие от известных элементарных частиц мезотроны неустойчивы и распадаются, по-видимому, на электрон и нейтрино.

Самопроизвольный распад мезотронов был обнаружен в опытах, в которых изучалось проникновение их через толщи вещества. Из этих опытов следует, что поглощение мезотронов в веществе зависит от его плотности. Поглощение известных нам частиц (электронов, протонов и т. п.) определяется числом атомов, встречаемых быстрой заряженной частицей на своем пути. В отличие от этого мезотроны при прохождении слоев вещества, находящегося в конденсированном состоянии (вода, свинец), поглощаются меньше, чем если они проходят такое количество вещества в разреженном состоянии (воздух). Дополнительное поглощение, которое испытывают мезотроны, проходя через разреженное вещество, может быть вызвано только тем, что время, потреб-

ное для прохождения, в этом случае значительно больше времени прохождения эквивалентного слоя плотного вещества. Если допустить, что мезотроны могут распадаться, то такое поведение их может быть полностью объяснено, так как при определенной вероятности распада число мезотронов, распавшихся в веществе, будет тем больше, чем большее время мезотроны проходят через вещество. Грубая оценка времени распада мезотронов, сделанная из разных опытов, показывает, что период распада равен $2 \cdot 10^{-6}$ с. Как мы уже говорили, из распада мезотронов непосредственно следует, что они зарождаются в атмосфере Земли, так как дойти до нас из космических пространств мезотроны не могут из-за того, что они по дороге превратятся в другие частицы (электрон и нейтрино).

Сейчас еще нельзя с уверенностью ответить на вопрос, все ли мезотроны имеют одинаковую массу в 150 электронных масс или же могут быть мезотроны с 5, 10, 100 и т. д. массами электрона.

Само собой разумеется, что были сделаны попытки обнаружить мезотроны в лабораторных условиях (при ядерных превращениях, взаимодействии γ лучей с веществом и т. д.). Пока результаты этих опытов отрицательны, но работа в этом направлении будет безусловно продолжаться.

Открытие мезотрона определяет новое поле деятельности как для физиков-экспериментаторов, так и для теоретиков.

СТРОЕНИЕ ЯДРА И ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ

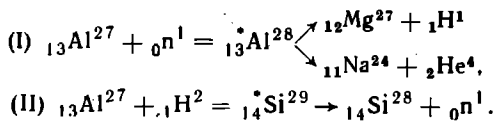
Теперь нам предстоит рассмотреть проблему строения атомных ядер и основные свойства ядерных реакций. Решение этой проблемы, по-видимому, не встречает принципиальных затруднений с точки зрения основ физической теории, так как здесь полностью применима современная квантовая механика, выводы которой прочно обоснованы громадным материалом атомной физики.

Мы, однако, встречаем здесь трудности другого порядка. Прежде всего неизвестна, как уже говорилось, точная форма зависимости сил от расстояния для тех частиц, из которых построено ядро. Далее, при анализе строения даже таких простых ядер, как, например, ядро изотопа водорода с массой 3, мы сталкиваемся с невозможностью строго математического решения проблемы 3 тел, и прихо-

дится идти при рассмотрении задачи путем приближения. Все это приводит к тому, что мы еще весьма мало продвинулись вперед, решая проблему строения ядер этим путем, хотя у нас уже имеется весьма богатый экспериментальный материал, ожидающий своего объяснения. Скольконбудь законченная теория создана сейчас только для простейшего из сложных ядер — дейтона, состоящего из одного протона и одного нейтрона, но и она не вызывает большого удовлетворения. В теорию входит ряд параметров, которые еще до сих пор не были определены независимым путем. Поэтому «статика» ядер находится еще в самой начальной стадии своего развития.

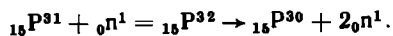
Значительно более плодотворным оказалось изучение динамики ядер на основе новой статистической теории, выдвинутой Нильсом Бором.

В теории Бора был по-новому поставлен вопрос о процессах столкновения ядерных систем, т. е. о ядерных реакциях. Следует считать, что процесс столкновения распадается на две стадии. В первой стадии оба сталкивающиеся партнера образуют «составное» ядро, находящееся в возбужденном состоянии. Во второй стадии это составное ядро переходит в нормальное состояние, испуская одну или несколько частиц. Эту стадию ядерной реакции можно трактовать как испарение частиц из весьма высоко нагретого тела. Температура этого тела определяется его составом и энергией, которую приобретает составное ядро, когда оба партнера, участвующие в столкновении, сливаются вместе. Таким образом удастся хорошо объяснить все основные черты расщепления ядер. Мы знаем, что обычно в результате ядерной реакции из ядра вылетает только одна частица, при этом сравнительно простой структуры: протон, нейтрон или α -частица. Например¹:



Существенно далее, что из одного и того же ядра в одних случаях вылетает одна, в других — другая частица. Ядерная реакция в большинстве случаев разветвляется.

Все это естественно вытекает из статистической модели. Составное ядро, испытывающее превращение, обладает некоторым избытком энергии по отношению к тем ядерным системам, которые могут из него образоваться. Избыточная энергия распределена между всеми частицами ядра; в случае известных нам превращений этот избыток обычно мал и при равномерном распределении его среди всех частиц ни одна из них не была бы способна вылететь, испариться из ядра. На самом деле, однако, нет оснований предполагать существование такого равномерного распределения. Очевидно, что различные частицы в разное время будут обладать разными энергиями и некоторые из них, сконцентрировав на себе всю или большую часть энергии возбужденного ядра, смогут из него испариться. Понятно с этой точки зрения, что одно и то же ядро может испытать разные превращения в зависимости от того, на какой из частиц произошла концентрация энергии. Понятно далее и то, что при ядерном взрыве вылетают лишь простые частицы. Одновременная концентрация энергии на соседних частицах, концентрация, которая могла бы привести к дроблению ядра на крупные составные части, является весьма мало вероятным процессом. Статистическая модель ядра легко также объясняет особенность реакций, вызываемых очень быстрыми нейтронами с энергией 15—20 миллионов электрон-вольт. Из неустойчивого «составного» ядра в этом случае вылетает не одна простая частица с большой энергией, а несколько сравнительно медленных простых частиц, например:



Быстрый нейтрон, попадая в ядро и взаимодействуя с большим числом составляющих его частиц, сообщает им уже сравнительно высокую среднюю энергию, почти достаточную для испарения. При этих условиях, очевидно, оказывается более вероятной одновременная концентрация на нескольких частицах энергии несколько более высокой, чем средняя, чем концентрация очень большой энергии на одной из частиц. Опытный материал, накопленный физикой ядерных реакций, позволяет сейчас в значительной мере конкретизировать эти общие качественные соображения. Сейчас, например, можно считать установленным, что время, в течение которого происходят превращения, вызываемые столкновением двух ядерных систем, — время

¹ Звездочкой отмечено состояние ядер, получающееся в стадии процесса; цифры отмечают атомные веса ядер.

жизни составного ядра — занимает около 10^{14} с. Мы сейчас в состоянии для большинства случаев определить энергию движения частиц возбужденного неустойчивого ядра, указать температуру ядра. Она оказывается равной 10^{10} К. Мы в состоянии также грубо оценить относительную вероятность различных процессов распада составного ядра.

КОНКРЕТНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Наш беглый обзор показывает, что мы сейчас находимся еще очень далеко от разрешения всего комплекса проблем, связанного с физикой атомного ядра. Однако уже те результаты, которые достигнуты в этой области за последние 7—8 лет, сами по себе представляют большой принципиальный интерес.

Не меньшее значение имеют для науки создание новой экспериментальной базы и накопление громадного фактического материала в области ядерных реакций. Для успешного развития работ по атомному ядру прежняя экспериментальная база оказалась совершенно недостаточной. Мир ядерных реакций — это мир больших скоростей и частиц, обладающих большими энергиями.

В атомной физике нам не приходится иметь дело с энергиями частиц, превышающими несколько десятков тысяч электрон-вольт. В физике же атомного ядра энергетический баланс процесса измеряется обычно миллионами вольт. Такое изменение масштабов потребовало создания новых методов ускорения частиц и новых принципов получения высокого напряжения. Интенсивная работа, которая в течение последнего десятилетия велась в этом направлении неослабевающими темпами, привела к обновлению арсенала высоковольтной техники и дала нам ряд мощных установок, разрешающих проблему получения быстрых частиц оригинальными путями (электростатический генератор, циклотрон). Эти установки уже сейчас позволяют получить протоны с энергией до 6, дейтоны до 18 и α -частицы до 38 миллионов электрон-вольт в количествах, соответствующих излучению нескольких килограммов радия.

Однако это еще не предел.

При помощи тех установок, которые сейчас строятся, можно довести энергию протонов, дейтонов и α -частиц до 50—100 миллионов электрон-вольт.

Кроме того, пользуясь реакциями, которые вызываются бомбардировкой ядер потоками таких быстрых частиц, уже сейчас удается получать, за счет запасов внутриядерной энергии, нейтроны в 20—25 и γ -лучи в 15—17 миллионов электрон-вольт. Нет никакого сомнения, что любому физiku 10 лет тому назад эти цифры показались бы совершенно неправдоподобными. На самом деле, скачок от десятков тысяч вольт до одного-двух десятков миллионов вольт за какие-нибудь 10 лет является совершенно поразительным, особенно если учесть, что десятки тысяч вольт могли получать от электростатических машин еще современники французской революции в XVIII в.

Создание новой технической базы привело к чрезвычайно быстрому накоплению фактического материала по ядерным реакциям.

С 1919 г., когда Резерфорду удалось впервые расщепить атомное ядро α -частицами, до 1932 г., когда была пушена в действие современная тяжелая ядерная артиллерия, было открыто и очень грубо исследовано 11 ядерных реакций. С 1932 г. и по настоящее время открыто и тщательно обследовано около 100 ядерных реакций. Получено больше 300 новых радиоактивных ядер.

Таким образом, была создана и продолжает интенсивно развиваться новая область науки, которую можно назвать химией атомного ядра.

Потоки быстрых частиц, полученные в современных установках, настолько интенсивны, что в порядке дня сейчас реально стоит вопрос об их практическом использовании. Наиболее заманчивой перспективой является, конечно, непосредственное использование внутриядерной энергии, освобождаемой при различных процессах взаимодействия ядер. Однако вплоть до 1939 г. эта перспектива казалась чрезвычайно отдаленной и была предметом обсуждения только на страницах фантастических романов. Правда, мы уже знаем много случаев, когда при расщеплении ядра выигрывается очень большая энергия до 10 миллионов электрон-вольт на каждый атом. Однако для того, чтобы вызвать расщепление ядра заряженными частицами, нужно затратить весьма большое число частиц, из которых только ничтожная доля вызывает расщепление; энергия же остальных расходуется на ионизацию атомов и в конечном счете уходит на нагрев тела.

При бомбардировке нейтронами эта трудность отпадает. Каждый нейтрон при

определенных условиях вызывает реакцию с отдачей большой энергии. Однако все способы получения нейтронов сейчас базируются на расщеплении ядер заряженными частицами, и трудность, от которой мы как будто бы избавились, снова стоит перед нами. Существенно здесь отметить, что при наиболее выгодных в энергетическом смысле реакциях энергия, выделяющаяся при расщеплении, составляет всего лишь 1—2% от энергии ионного пучка. Казалось, что из этого тупика нет никакого выхода. Однако положение радикальным образом изменилось после того, как в начале 1939 г. немецким ученым Хану и Штрассману удалось обнаружить совершенно новый вид ядерных реакций — деление тяжелых ядер. Оказалось, что если подвергнуть ядра элементов урана и тория нейтронной бомбардировке, то эти ядра распадаются на осколки приблизительно равной массы. Так, например, ядро урана с зарядом, равным 92 единицам, и массой 235 может разделиться на два осколка, причем образуются ядра Кг и Ва или Sg и Хе и т. д. Таким образом, деление атома урана ведет к образованию двух атомов более легких элементов. При каждом таком акте освобождается огромная энергия — около 150 миллионов электрон-вольт за счет того избытка внутренней энергии, который имеет ядро урана по сравнению с ядрами элементов, получающихся в результате деления. Открытие этого нового типа ядерных превращений имеет огромное значение для современной физики и дает новое направление попытке технического использования ядерных реакций. Здесь приходит на помощь другая характерная особенность данного явления. Ядро урана (и тория) имеет большой из-

быток нейтронов по сравнению с отдельными ядрами тех элементов, которые получают в результате деления. Часть этих нейтронов (в среднем 2—3 нейтрона на каждый отдельный акт деления) вылетает из ядра в тот момент, когда оно делится. Каждый из этих нейтронов может поглотиться в одном из соседних ядер урана и вызвать новый акт деления с вылетом еще нескольких нейтронов и т. д. Поэтому кажется возможным лавинное нарастание процесса деления ядер, ведущее к превращению большой массы урана в более легкие элементы и выделению фантастического количества энергии. Сейчас еще нельзя сказать с полной достоверностью, можно ли создать такой лавинный процесс, от осуществления которого зависит возможность технического использования энергии, выделяющейся при делении ядер. Опыты, которые ныне ведутся в этом направлении, должны в ближайшее время дать ответ на этот вопрос. Отметим пока, что распад 1 г урана в результате ядерного деления может дать энергию, большую той, которую производит Днепрогэс за 1000 дней круглосуточной работы на полной мощности.

Говоря о практическом использовании ядерных процессов, необходимо отметить также вполне реальные применения медицинского и биологического характера. Возможность этих применений следует из того, что излучение циклотрона по своему биологическому действию эквивалентно сотням грамм радия. Нет сомнения в том, что совместные усилия физиков и работников других областей знания откроют в дальнейшем новые важные области применения ядерных процессов и ядерных излучений.

КАК ДАВАЛИСЬ НАЗВАНИЯ ХИМИЧЕСКИМ
ЭЛЕМЕНТАМ И МИНЕРАЛАМ

А. Е. Ферсман



Александр Евгеньевич Ферсман (1883—1945), выдающийся советский геолог, минералог и геохимик, организатор советской науки, академик (с 1919 г.). В последние годы жизни был членом Президиума АН СССР, директором Института геологических наук АН СССР. Лауреат Государственной премии [1942].

Ученик В. И. Вернадского, один из основателей современной геохимии, он много сделал для выявления и освоения горных богатств СССР. С 1920 г. предпринял обширные работы по изучению Хибинских тундр, в результате которых было открыто промышленное месторождение апатитов и положено начало промышленному освоению Кольского п-ова. Проводил геологические исследования в Средней Азии, на Урале, в Забайкалье и других районах СССР. Много сил отдавал издательской деятельности. Принимал активное участие в организации журнала «Природа», с 1917 по 1930 г. был одним из его редакторов. Печатался в «Природе» на протяжении многих лет. Основные публикации А. Е. Ферсмана в нашем журнале приводятся в конце статьи.

Настоящая статья характерна для пера А. Е. Ферсмана, выдающегося популяризатора, уделявшего очень большое внимание пропаганде и популяризации научных знаний, в том числе и вопросов, касающихся научного языка.

КАК ДАВАЛИСЬ названия химическим элементам и минералам? Вот вопрос, который всех нас должен интересовать. Ведь нелегко запомнить сотни и тысячи разных названий элементов, минералов, горных пород. Ведь если бы узнать смысл каждого названия, пожалуй, легче его будет запомнить.

Попытаемся же разобраться в этом вопросе. Может быть, кому-нибудь из читателей попадалась в руки моя книжка «Воспоминания о камне», где приводится шуточный рассказ о том, как давались названия новым минералам и новым станциям Кировской железной дороги. Особенно были высмеяны там старые железнодорожники, которые называли, например, станцию Африкандой только потому, что они приехали туда в очень жаркий день, «как в Африке».

Другую называли Титаном, хотя около нее не было найдено ни следа руд этого металла.

Однако надо сознаться, что так поступали не только наши старые железнодорожники, так поступали и поступают сейчас химики и минералоги, когда они открывают что-либо новое: каждый дает название, какое хочет, а между тем нам сейчас надо точно запоминать эти названия. Правда, в химии это проще: там всего известно 92 химических элемента, которые надо было окрестить. Много сложнее в минералогии, где уж сейчас мы знаем около 2000 минералов, да каждый год открывается 20—30 видов. Давайте же разберем вместе с вами сначала названия тех химических элементов, на которых построена вся химическая наука; из первых букв этих названий на латинском языке и составились значки химические: Fe (феррум — железо), As (арсеникум — мышьяк) и т. д.

Чаще всего и охотнее всего химики и геохимики называли вновь открытые элементы по той стране или городу, где было сделано открытие или где было найдено соединение данного вещества.

Для нас поэтому сейчас совершенно понятны такие названия, как европий, германий, галлий (от старого названия Франции — Галлия), скандий (от слова Скандинавия); их хорошо можно запомнить, но гораздо хуже с другими названиями, в которых использованы какие-либо древние названия стран и городов и для которых очень трудно догадаться, откуда произошло название. Так, когда в 1924 г. в Копенгагене открыли новый элемент, его называли гафнием по старому, никому не известному

названию столицы Дании. Еще хуже с названием лютеция, по старому названию Парижа, или тулия — от старого скандинавского названия Швеции и Норвегии, но самое неприятное для нас, что один металл был открыт у нас в Казани русским химиком и в честь России был назван рутением, хотя, к сожалению, большинство из нас и даже из опытных химиков не догадываются, что под термином рутения надбó понимать Россию.

Очень интересно произошло с одной полевошпатовой копью около Стокгольма в Швеции: пегматитовая жила Иттерби дала огромное количество новых элементов, и от ее названия получились металлы иттербий, иттрий, эрбий и тербий.

Очень много названий химических элементов дано было на основании их физических и химических свойств. Это казалось бы более рациональным, но оно делается понятным и запоминается лишь теми, кто хорошо знает старогреческий или латинский языки. Так как целый ряд химических элементов был открыт на основании цветных линий в спектрографе, очень многие из них получили название по цвету этих линий — индий по синей линии, цезий — по лазорево-синей, рубидий — по красной, таллий — по зеленой.

Другие элементы получили название по цвету своих солей, например, хром от греческого слова «цвет», благодаря пестрой картине иризирующих цветов этого металла.

Очень многие химики увлекались астрономией и называли свои элементы по планетам или звездам; таковы названия урана, палладия, церия, теллура, селена и гелия. Только последнее название еще имеет более глубокий смысл, так как гелий был впервые открыт на Солнце.

Еще большее количество имен было дано в честь богов и богинь древнего мира; так, ванадий был назван в честь красивой скандинавской валькирии, кобальт и никель — вредные спутники серебряных руд — получили свои названия от злых гномов, якобы живших в саксонских рудниках. Названия тантала, ниобия, титану и торию без особых глубоких оснований были взяты из имен древней мифологии. Сурьма долго называлась антимуаном, т. е. противомонашеской, якобы потому, что она оказывает вредное влияние на затворнический дух монахов.

Гораздо меньше внимания было уделено крупным мировым именам ученых исследователей; в честь них назван только один элемент — гадолиний. Название сама-

рия произошло от минерала, в котором он был открыт — самарскита, а последний, найденный впервые в Ильменских горах, и был назван, как это ни грустно сказать, в честь какого-то полковника Самарского.

Вообще не очень повезло у нас русским элементам! Рутений и самарий — единственные два металла, название которых имеет чисто русское происхождение.

Однако, помимо всех этих сложных и мало обоснованных названий, около 30 химических элементов имеют в корне какие-то древние арабские, индийские или латинские слова. Около 30 химических элементов заимствовано из древнейшей арабской и индийской литературы, и много споров вызывает происхождение слов: золото (аурум), калий, свинец (плюмбум), мышьяк (арсеникум) и др.

Вы видите, какой хаос и какой беспорядок! Греческие, арабские индийские, фарсидские, латинские, славянские корни, боги, богини, звезды, планеты, города, страны, фамилии — все без всякого порядка и глубокой мысли.

Правда, были попытки ввести в это дело некоторый порядок, но, откровенно говоря, сейчас это не стоит делать. Больше элементов не может быть, как будто бы, открыто на Земле, а если что новое и открывается в конце Менделеевской таблицы, то эти элементы будут называть просто номерами, так — по военному ранжиру.

Так что можно оставить все эти названия химических элементов, но совсем другой вопрос с названием минералов.

Здесь геохимик и минералог должны коренным образом изменить свою практику: ведь каждый год приходится крестить свыше 25 новых минералов, а между тем разве можно допустить, чтобы одни соединения, как лаурит, были бы названы именем невесты химика Лауры, чтобы целый ряд минералов был назван из верноподданнических чувств в честь разных князей и графов, которые никакого отношения к минералам не имели, например, уваровит. Наконец, некоторые названия такие трудные, что их с трудом может выговорить язык, например, ампангабит, чинглусуат и др. Оба названы по местности, где они были найдены, — первый на Мадагаскаре, второй у нас на Кольском п-ове в Ловозерских тундрах.

Названия минералов — интереснейшая страница из истории минералогии и химии. До сих пор далеко не известно происхождение ряда названий минералов, и многие из них имеют свои корни в Древней Индии, Египте или Персии. Так, Персия

одарила нас бирюзой и изумрудом (смаррагдом), Древняя Греция — топазом и гранатом, Восток — рубином, сапфиром и турмалином.

Очень большое количество минералов было названо по месту их нахождения. Так, нам в Союзе хорошо известно и понятно название ильменита (Ильменские горы на Южном Урале), мурманита (Мурманская область), байкалита (озера Байкал). Но самое для нас интересное название связано с именем города Москвы — это москвит или мусковит, знаменитая калиевая слюда, играющая столь большую роль в электропромышленности.

Очень много названий дано в честь известных исследователей, крупных химиков и минералогов. Упомянем о шеелите в честь известного шведского химика Шееле, о гетите — в честь минералога и поэта В. Гете и хорошо знакомых нам менделеевита и вернадскита. Удачными надо признать и названия, данные минералам на основании их цвета, но тут обычно для понимания нужно знать латинский или, чаще всего, греческий язык. Таковы, например, аквамарин (цвета морской воды), аурипигмент (окраска золота), лейцит (от греческого слова «белый»), криолит (от греческого слова «лед»), целестин (от латинского слова «небо»).

Очень многие названия происходят от физических и химических свойств минералов: так, шпатами называются минералы, которые обладают способностью раскалываться по некоторым направлениям (спайность); обманками — такие минералы, которые содержат металл, о чем трудно догадаться по их обманчивому внешнему виду. Некоторые минералы называются смолками по их сходству со смолами. Алмаз получил название от греческого слова «адамас», т. е. необоримый. Наконец, нельзя не признать совершенно правильным называть ряд минералов по тому химическому элементу, который преимущественно входит в его состав: таковы, например, фосфорит, кальцит, вольфрамит, молибденит и др.

Но есть целый ряд названий, вызывающий особый интерес. С некоторыми из них связаны целые легенды, смысл других скрывается в недрах лабораторий алхимиков. Так, асбест получил свое название от греческого слова «несгораемый»; нефрит получил свое название от того, что он в порошке излечивает болезни почек (нефрит). Фенакит — «лживый», назван так потому, что его красивая винно-красная окраска пропадает на солнце через несколь-

ко часов. Апатит, или обманщик, назван так потому, что его трудно отличить от других минералов, и, наконец, аметист носит свое название со средних веков, когда ему приписывали таинственные свойства умерять любовный пыл и служить защитой от пьянства.

Вы видите из нашего краткого описания, как сложно складываются названия минералов.

Неужели нельзя внести порядок в это дело? Неужели нельзя собрать какую-либо международную комиссию, которая утвердила бы названия новых минералов, заботясь о том, чтобы оно своим смыслом отвечало свойствам минерала, чтобы его было легче запомнить, чтобы сами названия создавали некоторую систему и классифицировали сотни и тысячи минеральных видов?

В пышном расцвете химических и геохимических наук, мы надеемся, найдется место и нашему маленькому предложению: не мучить школьников и студентов длинными, трудно запоминаемыми, непонятными, нерациональными названиями, а строить науку так, чтобы стройно и четко могло уложиться в уме каждое новое слово, каждое новое название камня.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

А. Е. ФЕРСМАНА В «ПРИРОДЕ»

АЛМАЗ, ЕГО КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ. 1912, № 5.

ЗАДАЧИ СОВРЕМЕННОЙ МИНЕРАЛОГИИ. 1912, № 7—8.

ЗА ЦВЕТНЫМИ КАМНЯМИ. 1912, № 9.

СУЩЕСТВУЮТ ЛИ ГРАНИЦЫ НАШЕМУ ПОЗНАНИЮ ПРИРОДЫ? 1913, № 3.

ЯВЛЕНИЯ ДИФФУЗИИ В ЗЕМНОЙ КОРЕ. 1913, № 7—8.

ИЗУМРУДЫ УРАЛА. 1913, № 12.

ХИМИЧЕСКАЯ ЖИЗНЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ. 1914, № 1, 2, 3.

ВОДА В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ. 1914, № 6.

ИЗ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. 1915, № 1.

ИСКОПАЕМЫЕ БОГАТСТВА ГАЛИЦИИ И БУКОВИНЫ. 1915, № 3.

РУДЫ АЛЮМИНИЯ В РОССИИ. 1915, № 10.

К ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ В РОССИИ. 1915, № 11.

НА АЛТАЕ. 1917, № 3.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ РОССИИ. 1917, № 4.

ИЗ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА УКРАИНЕ. 1919, № 4—6.

ТАЯ-МУЮНСКИЙ РАДИЕВЫЙ РУДНИК. 1924, № 1—6.

РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ В ХИМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ. 1925, № 4—6.

ЗАДАЧИ ГЕОХИМИИ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ АКАДЕМИИ НАУК. 1925, № 7—9.

СОВРЕМЕННЫЕ ПУСТЫНИ. 1926, № 5—6.

ИСТОРИЯ АТОМА В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ. 1929, № 4.

ПРОБЛЕМЫ ХИБИНСКИХ И ЛОВОЗЕРСКИХ ТУНДР. 1929, № 5.

ЗАКОНЫ ЭВОЛЮЦИИ В ХИМИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ. 1930, № 3.

ГОРНАЯ ХИБИНСКАЯ СТАНЦИЯ «ТИЕТА», 1930, № 9.

К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БОГАТСТВ УРАЛА. 1931, № 3.

ГЕОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ. 1935, № 9.

ОТ ГЕОЛОГИИ СИБИРИ К ЕЕ ГЕОХИМИИ. 1938, № 11—12.

АПАТИТО-НЕФЕЛИНОВАЯ ПРОБЛЕМА В 1930, 1940 и 1950 г. 1940, № 1.

ИСКОПАЕМЫЕ БОГАТСТВА КРЫМА. 1944, № 4.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПАРАМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС

Е. К. Завойский



Евгений Константинович Завойский (1907—1976), выдающийся советский физик, академик (с 1964 г.). В 1933—1947 гг. работал в Казанском университете, с 1947 г. — в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова. Лауреат Ленинской (1957) и Государственной (1949) премий, Герой Социалистического Труда. Научные работы относятся к радиоспектроскопии, проблемам новой физической техники и физики плазмы. Его выдающиеся исследования явились основой целого ряда направлений физики и техники. Ему принадлежит одно из крупнейших достижений советской науки — открытие (в 1944 г.) электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), который положил начало магнитной радиоспектроскопии. Установил закономерности ЭПР, изучил различные типы парамагнетиков, в 1947 г., независимо от Дж. Гриффитса, обнаружил ферромагнитный резонанс. В дальнейшем совместно с М. М. Бутсловым разработал метод электронно-оптической хронографии для исследований быстропротекающих процессов, разработал способы регистрации ионизирующих излучений. В области физики плазмы и проблемы управляемого термоядерного синтеза разработал метод турбулентного нагрева плазмы, предложив нагрев с помощью мощных электронных пучков (1968). В «Природе» опубликовал (совместно с М. М. Бутсловым и С. Д. Фанченко) статью «С электронно-оптическим преобразователем — в мир сверхкоротких времен» (1970, № 8).

КАКОВА ПРИРОДА ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

ЕСЛИ на парамагнитное тело наложить взаимно перпендикулярные постоянное и слабое переменное магнитные поля, то при некоторой определенной частоте ν происходит резонансное поглощение энергии переменного поля.

Такое явление, называемое парамагнитным резонансом, наблюдается только в телах, содержащих магнитные частицы.

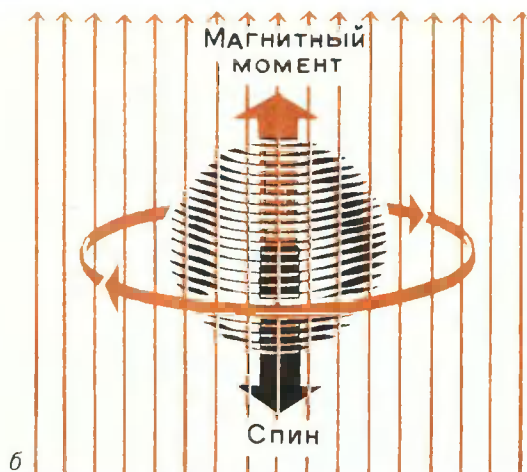


Рис. 1-2. Механический момент (спин) свободного электрона — результат вращения его вокруг собственной оси. Магнитный момент электрона μ направлен в обратную сторону и равен 1 магнетону Бора. Магнитный момент и его направление являются следствием вращения электрона как отрицательного заряда. Во внешнем магнитном поле спин электрона может принимать только две ориентации: по полю и против поля. Оба положения одинаково устойчивы, в отличие от стрелки компаса, которая устойчива только в положении (б). В этом проявляется глубокое различие между микро- и макромиром.

Какова же причина появления магнитных частиц в веществах?

Хорошо известно, что электрон помимо массы и заряда обладает механическим моментом, так называемым спином, и подобен волчку. Вращаясь вокруг оси, электрон как заряженная частица эквивалентен круговому электрическому току, т. е. напоминает маленькую магнитную стрелку (рис. 1).

Но, входя в состав атома и вращаясь

вокруг атомного ядра, электрон может приобрести дополнительный, так называемый орбитальный механический и магнитный моменты. Если же в атомной оболочке не один, а несколько электронов, то при их взаимодействии может образоваться некоторый суммарный момент, как механический, так и магнитный, который и будет определять магнетизм атома в теле. На первое время нас будут интересовать парамагнетики, у которых результирующий магнитный момент частиц (атомов, ионов, молекул) обязан только спинам электронов.

Рассмотрим поведение спина во внешнем магнитном поле H . Согласно законам квантовой механики, механический момент может принимать только дискретные положения относительно магнитного поля H (так называемое пространственное квантование). Число таких положений равно $2S + 1$, где S есть максимальная проекция спина на направление магнитного поля. Заметим, что часто для краткости спину частицы называют именно максимальной проекцией спина на направление магнитного поля.

В частном случае одного электрона, для которого $S = 1/2$, будет только две возможных ориентации: вдоль магнитного поля и против него (рис. 2). Если $S = 1$, то $2S + 1 = 3$ ориентациям, если $S = 5/2$ (такой спин имеет двухвалентный ион марганца в соединении, например, $MnSO_4 \cdot 2H_2O$), то $2S + 1 = 6$ ориентациям и т. д. Каждой ориентации отвечает дискретное значение энергии атома, так как магнитный момент частицы μ связан с ее спином и,

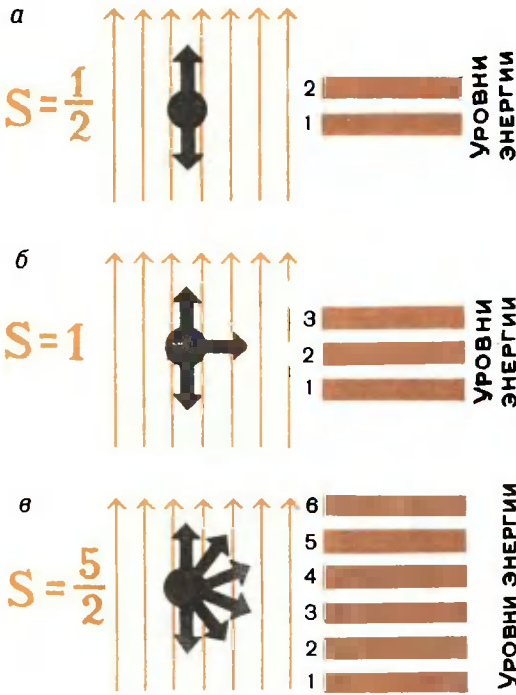


Рис. 3. Квантование спина в магнитном поле напряженности H . Спин обозначается черной стрелкой. Число ориентаций спина равно $2S + 1$. Число уровней также равно $2S + 1$. Если результирующий спин $S = \frac{1}{2}$ (случай а), то возможно только два положения его во внешнем магнитном поле (см. также рис. 2): по магнитному полю и против. Справа от стрелок, изображающих спин, нарисованы уровни энергии атома во внешнем магнитном поле. В физике, для наглядности, энергию атома обозначают горизонтальной чертой, высота расположения которой соответствует энергии атома. Так, если энергия атома по каким-либо причинам увеличивается, то эту черту поднимают выше, а если уменьшается, то черту опускают ниже. В этом есть полная аналогия с подъемом или опусканием груза: если мы поднимем груз выше, то энергия его увеличивается, и наоборот. В случае (б) спин $S = 1$ и возникает 3 уровня энергии. Когда $S = \frac{5}{2}$ (пример в), спин имеет уже 6 ориентаций в пространстве, чему отвечает 6 уровней энергии.

следовательно, тоже дискретно ориентирован в пространстве.

Таким образом, за счет пространственного квантования атом в магнитном поле напряженности H получает $2S + 1$ энер-

гетических магнитных уровня, расстояние между которыми равно

$$\epsilon = 2\mu H,$$

где ϵ — разность энергии между соседними уровнями (рис. 3).

Как известно, переход с нижнего уровня на верхний может быть вызван поглощением кванта, энергия которого равна ϵ , а обратный переход сопровождается излучением такого же кванта. Так как величина энергии кванта пропорциональна его частоте ν , а коэффициент пропорциональности есть постоянная Планка h , то $\epsilon = h\nu$ и

$$\nu = \frac{\epsilon}{h} = \frac{2\mu H}{h} = aH,$$

где $a = \frac{2\mu}{h}$. Для случая свободного электрона $a = 2,8 \cdot 10^6$, следовательно

$$\nu = 2,8 \cdot 10^6 H \text{ герц} \quad (1).$$

Для несвободных электронов — электронов парамагнитных тел a может существенно отклоняться от приведенной вели-

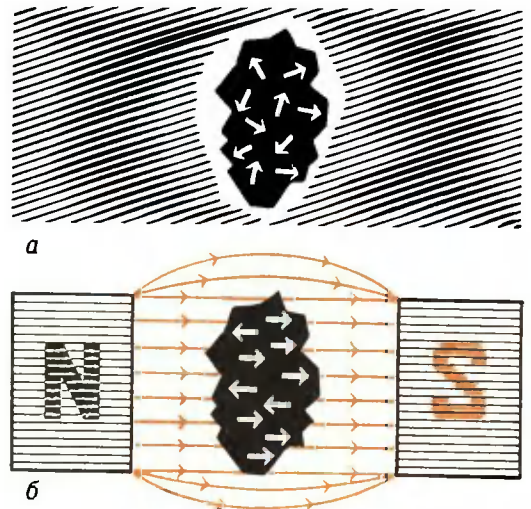


Рис. 4. Схематическое изображение расположения магнитных моментов в теле в отсутствие внешнего магнитного поля (а). В расположении магнитных моментов царит полный беспорядок. Парамагнитное тело в магнитном поле (б), $S = \frac{1}{2}$. Мы видим, как большая часть магнитных моментов расположилась по полю, а меньшая часть — против поля. Это означает, что тело намагнитилось. Но если убрать магнит, то парамагнетик быстро размагнитится и магнитные моменты будут снова ориентированы беспорядочно, как в случае (а).

ны, за счет влияния на электроны полей соседних атомов.

Из формулы (1) следует, что в магнитных полях, начиная от поля Земли ($H \approx 0,3$ гаусса) до полей лабораторных электромагнитов ($H \sim 100\,000$ гаусс), значения частот квантов лежат в области от $\sim 10^6$ герц до $\sim 3 \cdot 10^{11}$ герц — в интервале обычных сверхвысоких радиочастот.

Рассмотрим теперь механизм резонансного поглощения радиоволн парамагнетиками. Для этого необходимо сначала познакомиться с поведением магнитного момента в реальном теле. Парамагнетик состоит из громадного числа магнитных и немагнитных атомов, которые взаимодействуют друг с другом посредством электрических, обменных и магнитных сил.

Если внешнего магнитного поля нет, то магнитные моменты частиц располагаются совершенно хаотически (рис. 4, а). Если же ввести тело в магнитное поле (рис. 4, б) картина резко изменяется. Все магнитные моменты частиц очень быстро займут устойчивое положение, согласно закону пространственного квантования. Однако на нижних уровнях будет находиться

несколько больше частиц, чем на верхних. Причиной этого оказывается тепловое движение. Атомы и молекулы, участвуя в тепловом движении и сталкиваясь друг с другом, могут вызывать переход как с нижних уровней на верхние, так и наоборот. Но поскольку для перехода с нижнего уровня на верхний требуется затратить некоторое количество энергии, а обратный переход этого не требует, то, как показал Больцман, разность в «населенности» уровней будет приблизительно равна

$$\frac{N_2 - N_1}{N_2} \approx \frac{\mu H}{kT} \quad (\text{при } \mu H \ll kT), \quad (2)$$

где N_1 и N_2 — число магнитных частиц, находящихся соответственно на верхнем и нижнем уровнях, k — постоянная Больцмана, T — абсолютная температура тела.

Формула (2) показывает, что, например, при комнатной температуре и в магнитном поле $H \approx 10^3$ гаусс населенности уровней различаются на ничтожную величину, порядка 0,02%. Несмотря на столь малую разницу, только она и создает то, что называется намагниченностью тела,

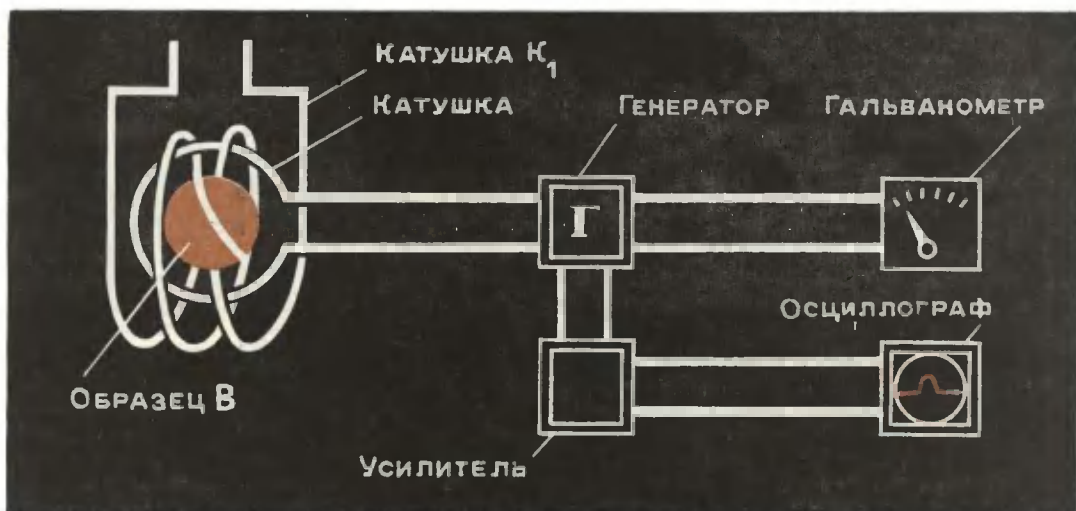


Рис. 5. Схема установки для изучения ЭПР на метровых волнах. Г — генератор метровых волн. К — катушка, включенная в колебательный контур генератора. В катушке находится изучаемый образец В. Ток, текущий через катушку К, создает в образце В магнитное поле высокой частоты. Большая катушка K_1 служит для создания постоянного или медленно меняющегося магнитного поля H . Оси катушек К и K_1 взаимно перпендикулярны. В цепь сетки или анода генератора Г включается усилитель и осциллограф или гальванометр с самописцем. Но тогда через катушку K_1 следует пропускать очень медленно изменяющийся ток. При этом

самописец запишет спектр парамагнитного резонанса. Последний метод регистрации обладает очень высокой чувствительностью, которая до известной степени возрастает при увеличении времени записи кривой резонанса. При периодическом изменении тока в катушке K_1 , например с частотой 50 герц, на экране осциллографа появится кривая парамагнитного резонанса, если развертка осциллографа синхронизована с частотой 50 герц.

которая равнялась бы нулю, если бы количество частиц на обоих уровнях было бы точно одинаковым. При низких температурах и при больших магнитных полях нижний уровень становится более населенным, а при температуре вблизи абсолютного нуля практически все магнитные частицы парамагнетика окажутся на нижнем уровне даже в слабых магнитных полях.

Если энергия кванта радиочастотного поля совпадает с разностью энергии уровней, то возникнут переходы между уровнями, при этом с одинаковой вероятностью

как с нижнего на верхний, так и обратно. Но благодаря большей заселенности нижнего уровня число переходов с нижнего на верхний будет несколько больше, и радиоволна будет поглощаться парамагнетиком. Это резонансное поглощение радиочастотного поля и есть электронный парамагнитный резонанс (ЭПР).

Таким образом, парамагнитное резонансное поглощение энергии есть результат непрерывного стремления радиочастотного поля выровнять количество частиц на

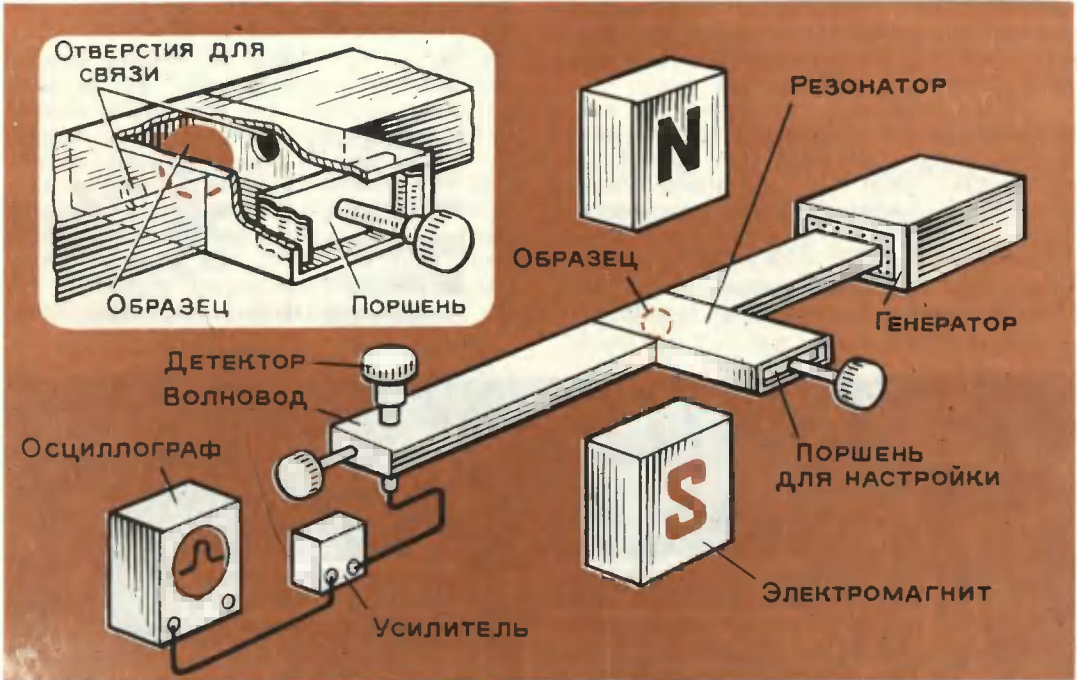


Рис. 6. Схема типичной установки для изучения ЭПР в сантиметровом диапазоне длин волн. Здесь показан генератор сантиметровых волн, электромагнит, создающий магнитное поле H , и волновод — полая металлическая труба прямоугольного сечения, по которой энергия генератора передается резонатору. Резонатор представляет собой кусок медной трубы, закрытой с обоих концов стенки с небольшими отверстиями. Он помещается между полюсами электромагнита. Энергия от генератора через волновод и отверстия поступает в резонатор, и в нем устанавливаются относительно интенсивные колебания высокой частоты. Изучаемый парамагнетик вносится в резонатор так, чтобы на него действовало радиочастотное магнитное поле, перпендикулярное постоянному полю H . С резонатором связан кусок волновода, в котором находится кристаллический детектор, подключенный к осциллографу. Детектор выпрямляет радиочастотные колебания, поступающие к нему через ре-

зонатор, осциллограф позволяет отмечать малейшие изменения в мощности радиочастотных колебаний в резонаторе. В левой верхней части рисунка изображен резонатор с образцом изучаемого вещества и присоединенными к резонатору концами волноводов от генератора и детектора. Чувствительность таких установок очень велика.

разных уровнях, а теплового движения — установить для них распределение Больцмана. Поэтому при ЭПР энергия переменного магнитного поля переходит в тепловое движение и тело нагревается.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Наблюдение парамагнитного резонанса производится с помощью очень простой и общедоступной измерительной аппаратуры. На рис. 5 дана схема такой установки для волн от 1 м и выше.

В устройствах, подобных изображенному на рис. 5, осциллограф может быть заменен автоматическим самописцем с усилителем постоянного тока. Чувствительность аппаратуры позволяет регистрировать ЭПР в образцах некоторых веществ весом всего в миллионные доли грамма.

Исследование ЭПР на длинах волн около 3 см производится на более сложных установках. В большинстве случаев они состоят из электромагнита и стандартных блоков, применяемых в радарной технике (рис. 6).

Некоторые экспериментаторы предпочитают снимать не кривую поглощения энергии при ЭПР, а ее производную по магнитному полю. Для этого глубина модуляции постоянного поля делается очень малой по сравнению с шириной кривой ЭПР, а магнитное поле электромагнита медленно меняется от нуля до максимума. В этом случае при прохождении кривой ЭПР по магнитному полю на выходе усилителя регистрируется величина и фаза возникающего переменного тока, пропорционального величине производной поглощения.

На рис. 7 показан прибор для изучения ЭПР марки ЭПР-2, выпущенный советской промышленностью.

ЭПР И СТРОЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ

Опыт показал, что спектры ЭПР часто состоят не из одной, а из многих линий поглощения и вид спектра существенно зависит от направления постоянного магнитного поля относительно кристаллографических осей монокристалла. В этом случае говорят, что спектр ЭПР имеет тонкую структуру. На рис. 8 в качестве примера показан спектр ионов трехвалентного хрома, введенного в искусственный монокристалл рубина. Такое усложнение спектров происходит в результате того, что на магнитную частицу в твердом теле действует не только внешнее магнитное поле, но и сложная система электрических и магнитных сил со стороны окружающих частицу атомов кристаллической решетки. Эти силы впервые начали успешно изучать профессор Гортер (Голландия) и профессор Ван Флек (США), работы которых во

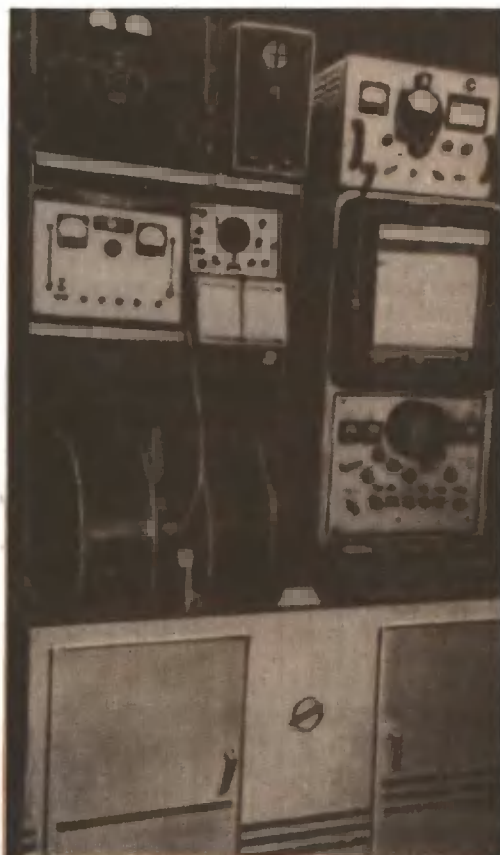


Рис. 7. Фотография радиоспектрометра ЭПР-2, выпущенного нашей промышленностью для изучения электронного парамагнитного резонанса.



Рис. 8. Спектр ЭПР на частоте 10^{10} герц ионов трехвалентного хрома, введенного в искусственный монокристалл рубина. По горизонтальной оси отложена величина напряженности магнитного поля, а по вертикальной оси — величина поглощения. Появление вместо одной трех линий поглощения связано с влиянием кристаллического поля на ион хрома.

многим содействовали развитию радиоспектроскопии.

Некоторое представление о внутренних магнитных полях, действующих в парамагнетиках, дает рис. 9. Помещенная на нем схема I показывает изолированный атом во внешнем магнитном поле (величина и направление действующего на него магнитного поля условно изображены толстой стрелкой). На схемах II и III показано действие на этот атом двух соседних магнитных атомов (изображенных в виде магнитных стрелок), когда их поля вычи-

таются (II) и складываются (III) с внешним полем. На схеме IV действие соседних атомов компенсируется, так как они создают противоположные друг другу поля.

В действительности дело обстоит значительно сложнее, чем это показано на рис. 9. Число соседей у каждого реального атома очень велико, и, участвуя в тепловом движении, атомы со временем меняют в пространстве ориентацию своих магнитных моментов. В результате этого происходит симметричное расширение энергетических уровней и кривых ЭПР. В отдельных слу-

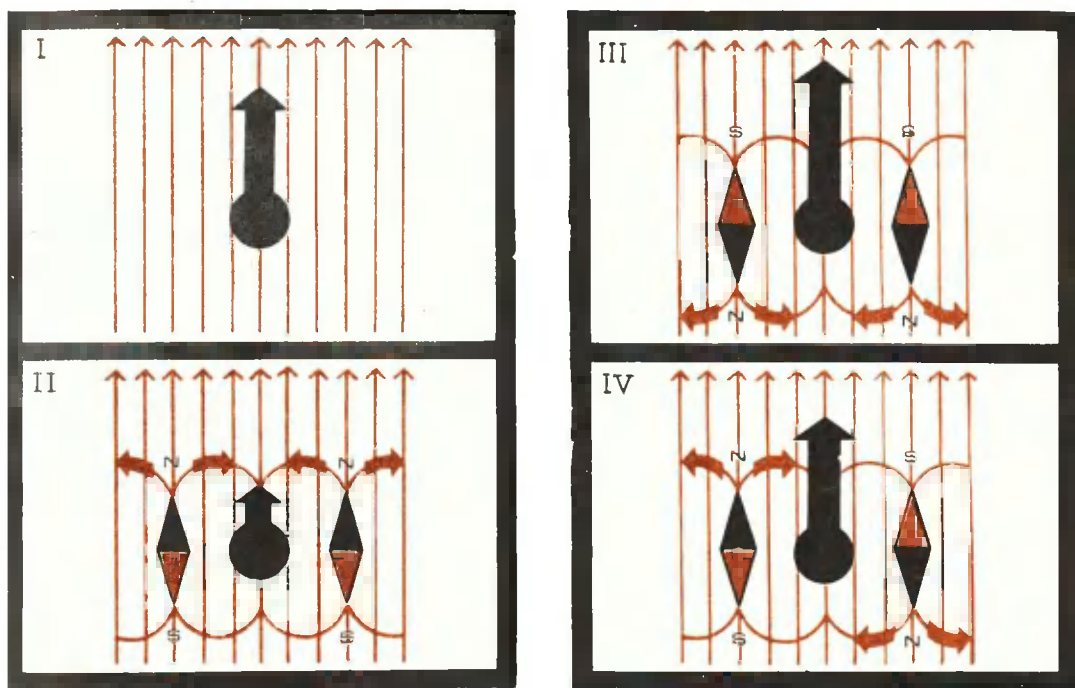


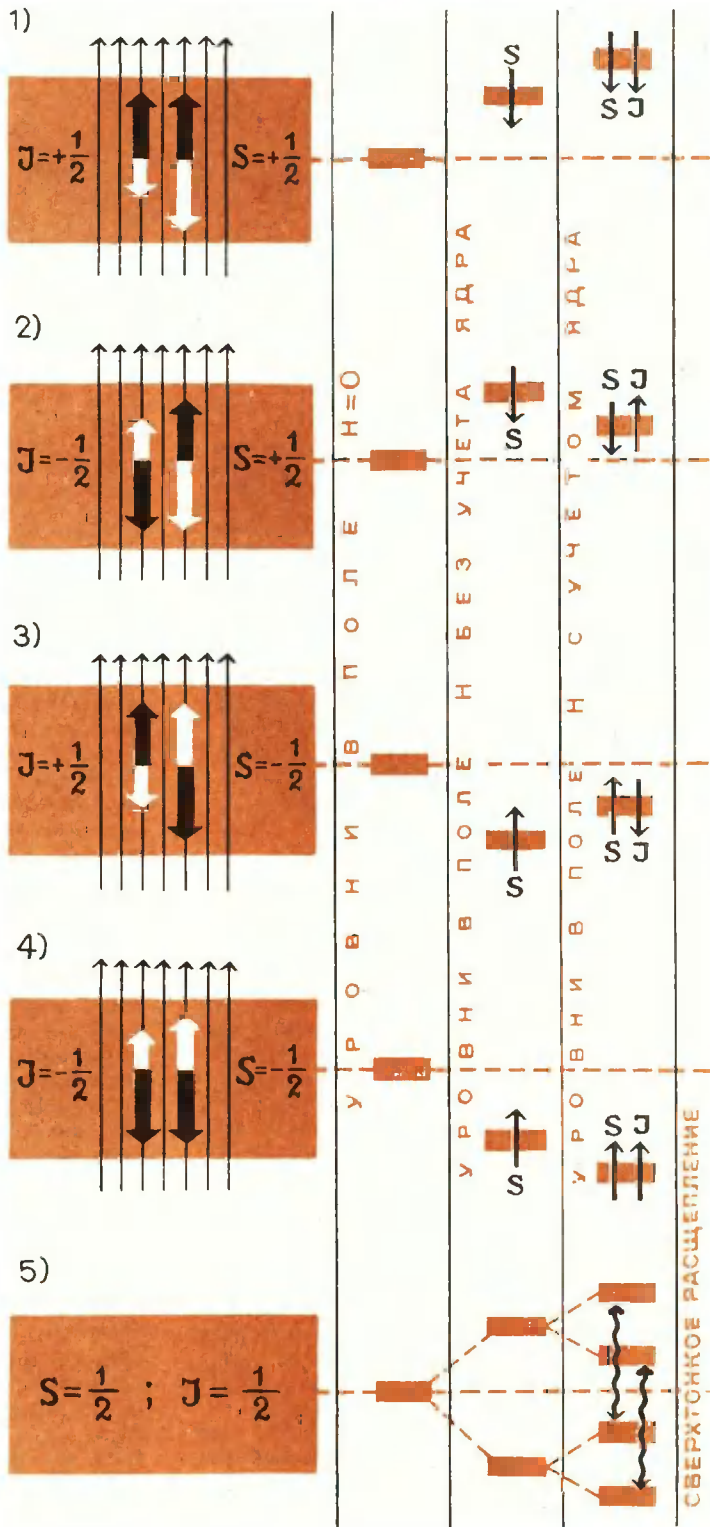
Рис. 9. Схема влияния соседних магнитных частиц друг на друга: I — изолированный атом в магнитном поле. Величины магнитного поля в месте расположения атома условно обозначает длина толстой стрелки; II — на атом действуют поля двух соседних атомов, условно представленных в виде магнитных стрелок. Здесь поля соседней вычитаются из внешнего поля; III — поля соседей складываются с внешним магнитным полем; IV — поля соседей компенсируются. В реальном теле число соседей больше двух и все атомы участвуют в тепловом движении. Все это вместе взятое приводит к симметричному расширению кривой ЭПР. Это позволяет изучать скрытые от других физических методов свойства вещества.

чаях это расширение значительно и может достигать того же порядка величины, что и поле, в котором наблюдается резонанс.

Помимо магнитных, очень существенны электрические взаимодействия между атомами и ионами решетки. Электрические поля кристаллической решетки прежде всего сказываются на орбитальном движении электронов в атоме, возмущая их движение. В результате изменяется орбитальный магнетизм электронов, что приводит к смещению спиновых уровней атома во внешнем магнитном поле и зависимости такого сдвига от ориентации магнитного поля относительно осей кристалла. Теория этого эффекта сложна, но, тем не менее, она разра-

Рис. 10. Влияние магнитного момента атомного ядра на уровни магнитного атома в сильном магнитном поле. Для простоты здесь рассматривается атом со спином $S = \frac{1}{2}$ и ядро со спином $J = \frac{1}{2}$. На рисунке не сохранен масштаб для стрелок, обозначающих магнитные моменты электрона и ядра, так как ядро обладает значительно меньшим (приблизительно в 1000 раз) магнитным моментом.

Так как спины электрона и ядра равны $\frac{1}{2}$, то, согласно закону пространственного квантования, они могут принимать во внешнем поле только два положения: вдоль и против поля. 1 — в данном атоме оба спина направлены вдоль H . Справа дана картина уровней атома без поля, в поле H и с учетом магнитного поля ядра, действующего на электрон. 2 — то же, что на схеме (1), но спин ядра направлен против поля H . 3 и 4 — спин электрона направлен против поля H , а спин ядра повернут по полю H (3) и против поля (4). 5 — полная система возможных уровней атома при $S = \frac{1}{2}$ и $J = \frac{1}{2}$ в магнитном поле. Здесь стрелками обозначены разрешенные радиочастотные переходы при ЭПР. Разрешены только переходы без переориентации ядерного спина. В слабом магнитном поле H возможно образование у атома результирующего механического момента I за счет сложения J и S . В этом случае атом в магнитном поле приобретает $2I + 1$ уровней.



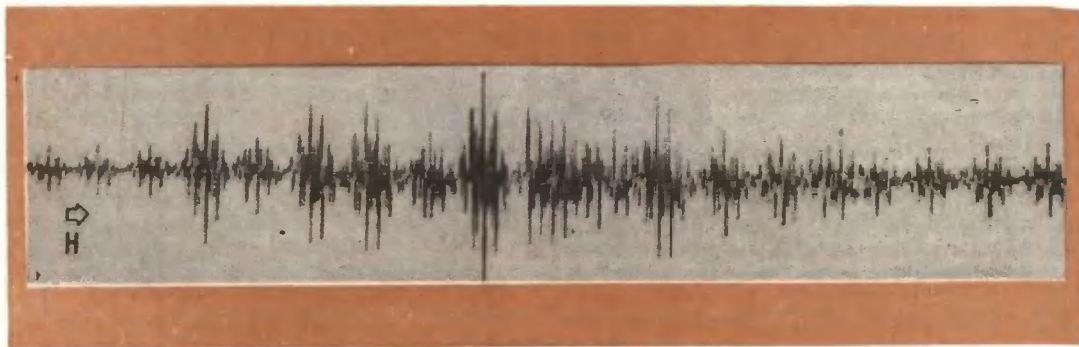


Рис. 11. Пример сложного ЭПР-спектра ионов двухвалентного марганца, введенного как малая примесь в монокристалл MgF_2 . По вертикали отложена производная поглощения по магнитному полю. Частота $\nu = 10^{10}$ герц. Магнитное поле возрастает слева направо. В этом соединении магнитными моментами обладают только ядра фтора (спин ядра фтора $J = 1/2$) и примесные атомы двухвалентного марганца, который имеет электронный спин оболочки $S = 5/2$ и ядерный спин $J = 5/2$. Магнитное поле ядер фтора, окружающих ионы марганца, вызывает дополнительное расщепление ЭПР линий поглощения, что, как видно из рисунка, сильно усложняет спектр. Этот спектр объяснен теоретически и позволил составить подробную картину строения кристалла.

ботана до деталей для ряда кристаллов и находится в отличном согласии с опытом.

В явлениях ЭПР особое значение имеет время релаксации — время, необходимое для установления бальмовского распределения между населенностью уровней. Оно зависит от температуры парамагнетика и его строения и в большинстве случаев составляет от 10^{-8} с до сотых долей секунды. Это означает, что тепловое движение сильно взаимодействует с магнитными моментами частиц.

Время релаксации может быть вычислено по ширине кривой ЭПР и служит очень важной характеристикой вещества. В некоторых телах время релаксации мало, кривая ЭПР становится очень широкой и плохо регистрируется приборами. В этом случае ЭПР лучше наблюдается на более высоких частотах, т. е. в больших магнитных полях.

Исследование спектров ЭПР уже проведено на сотнях кристаллических веществ самых различных классов. Среди них находятся диэлектрические ионные кристал-

лы, полупроводники и металлы. Расшифровка этих спектров дает очень ценную и разнообразную информацию. В частности, для многочисленных ионных кристаллов были не только получены сведения об их магнитных свойствах, но и уточнены некоторые детали геометрической структуры, недоступные для рентгеновского анализа, выяснен характер химической связи между парамагнитным атомом и его окружением в кристалле и т. п.

ЭПР И АТОМНОЕ ЯДРО

До сих пор мы предполагали, что магнетизм атомов обязан только электронам. Но это представление не является полным, так как магнитными свойствами может обладать и ядро атома. Как показывает теория, атомное ядро, находясь в магнитном поле электронной оболочки и внешнем магнитном поле, испытывает пространственное квантование, подобно пространственному квантованию электронов. Благодаря этому энергетические уровни атома дополнительно расщепляются, и на линиях ЭПР появляется так называемая сверхтонкая структура (рис. 10).

Однако ядро атома может более существенно повлиять на форму спектра ЭПР, если внешнее магнитное поле мало и механический момент ядра сложится с механическим моментом электронной оболочки, образовав результирующий момент, который обозначим I . Для этого момента число уровней спектра ЭПР будет уже $2I + 1$, т. е. новый спектр не будет подобен прежнему. Опыт показал, что сильное внешнее магнитное поле обычно «разрывает» связь ядра со спинами электронов оболочки атома. Влияние ядра сказывается чаще всего в появлении сверхтонкой структуры спектров ЭПР.

Исследование сверхтонкой структуры спектров ЭПР позволило впервые опре-

делить спины значительного числа ядер и надежно подтвердить значения их, найденные ранее другими методами. Влияние ядра на парамагнитный резонанс впервые обнаружили в 40-х годах проф. С. А. Альтшулер, проф. Б. М. Козырев и С. Г. Салихов. В дальнейшем это явление фундаментально исследовали в Англии — проф. Блинн и во Франции — проф. Абрагам.

Интересно, что на спектр ЭПР может влиять не только ядро, входящее в состав данного атома, но и ядра атомов ближайшего окружения. Пример такого спектра ионов Mn^{2+} на частоте 10^{10} герц для монокристалла MgF_2 с малой примесью марганца дает рис. 11. Здесь спектр ионов Mn^{2+} усложнен действием соседних ядер фтора. Столь богатая сверхтонкая, или как часто ее называют, «сверхсверхтонкая» структура спектра ЭПР теоретически объяснена и позволяет судить об очень тонких деталях строения кристаллов.

Исследование сверхтонкой структуры спектров ЭПР имеет особое значение для химии и биологии. Как известно, существует значительное число химических соединений с ненасыщенной валентностью, у которых один и большее число электронов имеют некомпенсированный спин, благодаря чему молекула обладает магнитным моментом. Примерами таких веществ, которые называют радикалами, могут служить молекулы OH , NH , NI_2 и т. д., а также свободные атомы водорода, кислорода, азота, хлора и др.

Радикалы играют важную роль в химических реакциях и в жизнедеятельности животных, растений и бактерий. Некомпенсированный спин электрона обычно не закреплен в молекуле за одним атомом, а перемещается по всей цепочке атомов в молекуле, правда, проводя большее время с одним атомом и быстро минуя другие. Об этом можно судить по сверхтонкой структуре спектра ЭПР, так как ядра разных атомов, составляющих молекулы радикала, имеют разные спины и магнитные моменты и, следовательно, создают разное сверхтонкое расщепление спектра ЭПР. Таким образом удастся представить все детали путешествия такого электрона внутри молекулы и сопоставить их с химическими свойствами радикала.

Магнитная связь электронов с ядром атома нашла интересное применение в ядерной физике для получения так называемых поляризованных ядер. В некоторых случаях очень важно уметь заставить ядра выстроиться в теле так, чтобы, например, все северные концы их магнитных полюсов

«смотрели» в одну сторону. Если эти ядра α - β или γ радиоактивны, то излучение их будет происходить главным образом в определенном направлении относительно направления их магнитного момента, и это дает возможность судить об «архитектуре» ядра. Кроме того, бомбардируя такие ядра частицами высоких энергий или жакетками γ квантами, можно также обнаружить детали структуры ядер. Для получения поляризованных ядер надо сильно увеличить мощность радиочастотного поля при ЭПР, и это заставит ядра



Рис. 12. Спектр ЭПР (производная от поглощения) радикала кофермента Q, важного участника процессов переноса электронов в клетках животных. Спектр получен из препарата митохондрий печени крысы. Четкая сверхтонкая структура из 9 линий обязана взаимодействию электрона с протонами метильной и метиленовой групп этого радикала.

взять на себя часть энергии от электронных спинов. Тогда ядра займут положение с максимальной энергией относительно магнитного поля и, таким образом, будут иметь одинаковое направление в пространстве.

Поляризованные ядра в качестве «мишеней» для частиц высоких энергий применяются на всех крупных ускорителях мира.

ЭПР В ХИМИИ И БИОЛОГИИ

На важность применения ЭПР в химии впервые указал Б. М. Козырев в своих работах по растворам. ЭПР позволяет

исследовать строение многих устойчивых химических соединений и в ряде случаев проследить детали хода химических реакций. Так, были подробно изучены магнитные ионы металлов переходных групп системы Менделеева. Эти ионы являются активными центрами, и с их помощью протекает большое число гетерогенных каталитических реакций. Исследованы металлоорганические комплексы, играющие важную роль в биологии. Подробное изучение химической кинетики обнаружило широкую распространённость ценных реакций, механизм которых был открыт акад. Н. Н. Семеновым.

Методом ЭПР удается проследить за ходом большого класса реакций, идущих с участием радикалов, и исследовать детали поведения некомпенсированного спина в молекуле радикала.

Особый практический интерес представляет применение ЭПР для изучения химических изменений, возникающих в веществах при облучении γ -лучами, α - и β -частицами, нейтронами, быстрыми протонами и мезонами. Здесь важны случаи сильного облучения как конструкционных материалов, употребляемых в атомной промышленности, так и тканей животных, облучаемых с терапевтической целью.

В последнее время ЭПР стал применяться для изучения механических нарушений структуры различных тел, в частности полимеров.

Вслед за открытием Б. М. Козыревым и С. Г. Салиховым ЭПР в радикалах началось применение этого метода в биологии, где назрела необходимость выяснить роль радикалов в фундаментальных биологических явлениях.

Методом ЭПР показано, что все биологические объекты животного, растительного и микробного происхождения содержат радикалы. Концентрация радикалов в самых различных клетках колеблется в пределах 10^{15} — 10^{17} частиц на грамм сухого веса. Лишь вирусы, лишённые собственных биокаталитических систем для освобождения и преобразования энергии и использующие для этой цели клетки хозяина, не содержат радикалов.

На рис. 12 дан спектр ЭПР радикала кофермента Q, где 9 линий сверхтонкой структуры обязаны протонам метильной и метиленовой групп этого радикала.

Помимо семихионных радикалов, в цепях переноса электронов во всех живых системах важную роль выполняют ионы железа, меди, молибдена, марганца и др., входящие в состав различных ферментов.

Исследование ЭПР таких ионов даёт ценную информацию об электронных характеристиках биологически активных веществ, содержащих металлы. Установлено, что в клетках реакции с участием радикалов протекают иным способом, чем в обычных реакциях горения и взрыва. Это связано с тем, что для биологических объектов характерно протекание реакций в высокоупорядоченных, сопряжённо работающих ансамблях ферментов. Такие ансамбли представляют, по существу, созданные природой своеобразные устройства молекулярной электро-

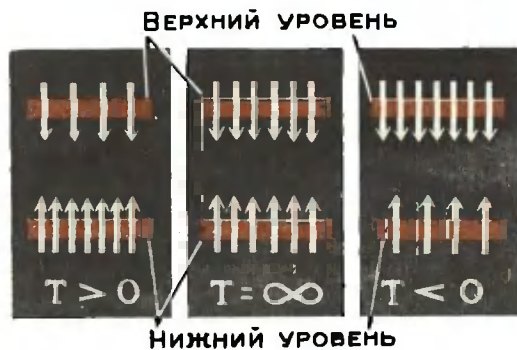


Рис. 13. Понятие положительной, бесконечной и отрицательной абсолютной температуры тела, имеющего квантовые уровни. Когда $T > 0$, нижний уровень заселён больше, чем верхний. Одинаковая заселённость уровней отвечает бесконечной температуре, $T = \infty$. Этот случай на практике возникает при ЭПР, когда велика мощность радиочастотного сигнала, вызывающего переходы между данными уровнями. Случай отрицательных температур, $T < 0$, может быть осуществлён разными способами, например быстрым изменением внешнего магнитного поля на обратное. В этом случае состояние $T < 0$ просуществует не дольше, чем время релаксации, и парамагнетик снова вернется к положительным температурам. Очевидно, в одном и том же парамагнетике одновременно могут быть разные температуры для разных уровней.

ники. Практическое значение этих исследований велико, так как, по-видимому, в будущем они помогут устранить причины «неисправностей» таких «машин». Так, например, в раковых клетках, у которых «поломано» дыхание, методом ЭПР наблюдается снижение в 2—3 раза концентрации свободных радикалов. Если этот факт будет понят, то он может оказаться важным для терапии рака.

В настоящее время экспериментально

изучается образование радикалов под действием ионизирующих излучений в биологически важных простых и сложных молекулах. Эти исследования уже позволили приступить к поиску защитных средств, способных «перехватывать» повреждения. Таким методом, по-видимому, будет установлена истинная степень опасности излучений для организмов и понят механизм радиационных мутаций. Возможно, удастся открыть совершенно новые пути радиобиологического направленного изменения наследственных свойств.

Фотосинтез — одна из фундаментальных проблем современной науки. Он, как известно, служит основой создания всех пищевых продуктов нашей планеты и источником кислорода для аэробных организмов. Естественно, что среди физических методов изучения фотосинтеза основным служит оптический, который широко используется в нашей стране школой академика А. Н. Теренина. Однако методом ЭПР уже удалось, например, установить существование некоторых реакций, следующих за фотовозбуждением, при которых происходит передача и преобразование энергии световых квантов в химическую энергию синтезируемых растениями новых органических веществ.

ЭПР В ТЕХНИКЕ

Парамагнитный резонанс — это, главным образом, физический метод исследования строения вещества, и до последних лет его применение в технике носило эпизодический характер. Так, ЭПР используется для абсолютного измерения и стабилизации магнитных полей, для технологического контроля в некоторых производствах и пр. В связи с появлением нового принципа усиления радиоволн — мазера, разработанного советскими учеными академиками Н. Г. Басовым, А. М. Прохоровым и американским физиком проф. Ч. Таунсом, парамагнитный резонанс, по предложению американского ученого проф. Блумбергена, получил широкое применение для техники связи.

Допустим, что парамагнетик, охлажденный до температуры, например, 4°K , внесен в резонатор, настроенный на частоту ν . Наложим на парамагнетик постоянное магнитное поле так, чтобы выполнялось условие ЭПР на этой же частоте. Сделаем, казалось бы, невероятное предположение, что в парамагнетике распределение магнитных частиц по уровням не бальмановское: на верхнем уровне

частиц больше, чем на нижнем. В физике про такое тело говорят, что оно обладает отрицательной абсолютной температурой (рис. 13). Допустим, что в резонатор поступил извне крайне слабый сигнал на частоте резонатора и, следовательно, электронного резонанса. Под влиянием этого сигнала возникнут переходы магнитных частиц как с верхнего уровня на нижний, так и обратно. Но на верхнем уровне по условию находится больше частиц, поэтому число переходов с верхнего на нижний уровень будет больше и парамагнетик нач-

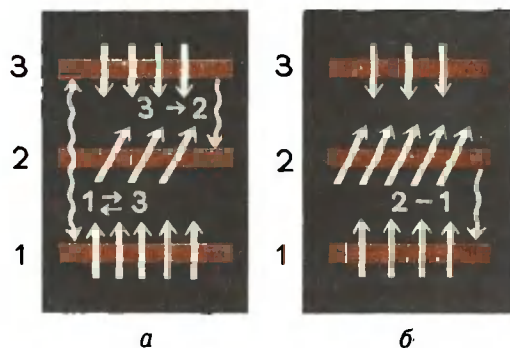


Рис. 14. Две схемы трехуровневых усилителей (мазеров). В случае (а) и (б) заселенность нижнего (1) и верхнего (2) уровней поддерживается приблизительно одинаковой с помощью ЭПР на частоте этих переходов $1 \leftrightarrow 3$. Если при данных условиях второй уровень окажется менее заселенным, чем третий, то парамагнетик сможет усиливать проходящий сигнал на частоте перехода между уровнями $3 \rightarrow 2$ (случай а). Если уровень 2 (случай б) окажется более населен, чем 1 и 3, то усиление может происходить на переходе $2 \rightarrow 1$. Заселение среднего уровня 2 возможно как за счет теплового движения атомов (молекул), так и за счет ЭПР на уровнях $3 \leftrightarrow 2$ (это случай так называемой «подсветки» радиочастотой, резонансной переходам $3 \leftrightarrow 2$).

нет отдавать свою избыточную энергию колебаниям резонатора. Таким образом возникает усиление сигнала. Конечно, усиление прекратится, как только в парамагнетике выровняется населенность верхнего и нижнего уровней.

Придать телу отрицательную абсолютную температуру можно разными путями. Рассмотрим сначала путь, который практически используется редко, но зато нагляден. Пусть парамагнетик находится

при очень низкой температуре и в сильном магнитном поле. Тогда, как мы знаем, магнитные частицы занимают главным образом нижний уровень. Воздействуем на этот парамагнетик очень сильным, но коротким импульсом резонансной частоты. Длительность импульса подберем так, чтобы за время его действия большинство частиц с нижнего уровня успело перейти на верхний и осталось там. Произойдет «инверсия уровней», и сигнал усилится. Конечно, такое состояние может существовать не дольше, чем время релаксации, после чего взаимодействие магнитных моментов с решеткой снова восстановит распределение Больцмана.

Более совершенный путь создания инверсии достигается в так называемых трехуровневых парамагнетиках, например в рубине с примесью трехвалентного хрома. Этот кристалл при определенной ориентации в магнитном поле обладает четырьмя парамагнитными уровнями, из которых три используются для инверсии (рис. 14). Действуя на такой сильно охлажденный и находящийся в магнитном поле парамагнетик радиочастотой, резонансной для перехода с нижнего на самый верхний уровень, можно, при достаточной мощности сигнала, сильно заселить верхний уровень по сравнению со средним или средним по сравнению с нижним. Причиной заселения среднего уровня могут быть или релаксационные процессы, или дополнительная «подсветка» радиочастотой, резонансной для перехода с верхнего уровня на средний. В таких условиях усилитель может непрерывно работать на частоте перехода, с более заселенного на менее заселенный нижний уровень. Этот метод, начиная с 50-х годов, широко применяется в практике.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭПР

ЭПР как один из методов радиоспектроскопии, естественно, будет еще долгое время использоваться для изучения свойств конденсированных систем, кинетики химических реакций, биохимических процессов, радиационной химии и биологии и т. д. В технике космической связи и радиоастрономии ЭПР получит, по-видимому, еще большее распространение, когда будут улучшены параметры существующих мазеров и расширен диапазон их частот. Можно ожидать, что ЭПР найдет применение для целей технологического контроля на производстве.

Исследование ЭПР в сильных магнитных полях (выше 50 тыс. гаусс) делает возможным изучение тех веществ, в которых время релаксации очень мало и при обычных частотах резонансные кривые или не наблюдаются вообще, или очень широки. Кроме этого, в сильных магнитных полях возможно появление заметного влияния магнитного поля на время релаксации, причем оно может оказаться очень сложной функцией величины магнитного поля. Это существенно для изучения природы релаксационных сил.

В сверхсильных полях ($H \geq 10^7$ гаусс) можно ожидать изменения структуры спектров ЭПР, обусловленного влиянием внутреннего кристаллического поля решетки; что позволит не только перенести в ЭПР методы, характерные для спектральной инфракрасной техники, но также необычайно расширит сведения о строении вещества.

Импульсные поля до 500 тыс. гаусс, как известно, впервые были получены акад. П. Л. Капицей. Современная техника сверхпроводящих соленоидов позволяет создавать стационарные поля до 200 тыс. гаусс. С помощью сжатия взрывом от металлических оболочек могут быть получены поля до 15—30 млн гаусс, но время их существования обычно не превышает нескольких десятых долей микросекунды. Однако это не должно заметно осложнить эксперимент. Поэтому в ближайшие годы можно ожидать проникновения магнитной спектроскопии в новую для нее область длины волн от 0,05 до 0,0005 см.

Принципиально возможно использовать ЭПР для поисков полезных ископаемых, в частности угля. Идея метода была предложена акад. АН УССР А. А. Галкиным. Как известно, уголь содержит значительное количество радикалов, а вид ЭПР-спектров характерен для каждого месторождения и связан с качеством угля. Поэтому направленная в глубь земной коры радиоволна с частотой $\nu = aH$ (где H — напряженность магнитного поля Земли в данном месте), проходя слой угля или отражаясь от него, либо от более глубоких слоев, должна вернуться на поверхность несколько ослабленной за счет ЭПР-поглощения. Но заметить разницу в поглощении можно только при условии, если будет модулироваться магнитное поле Земли или изменяться частота радиоволн. Модуляция магнитного поля Земли принципиально возможна с помощью мощного соленоида или закольцованной системы линий передач крупных электростан-

ций. Однако проще модулировать частоту волны.

Возникает вопрос: в какой степени поглощение волны породами земной коры скажется на точности метода? Грубые оценки показывают, что волны с частотами, близкими к резонансной для магнитного поля Земли ($\lambda \approx 300$ м), могут регистрироваться на поверхности Земли после отражения на значительных глубинах. Эта глубина, по-видимому, достаточна для некоторых практически интересных случаев.

Идея использования ЭПР в геологических целях после проверки на угле, вероятно, получит применение и для поиска некоторых минералов. Этот поиск может быть основан на парамагнитном резонансе в нулевом магнитном поле, поскольку кристаллическое поле само создает расщепление, эквивалентное значительным магнитным полям. Когда радиоволна с частотой, подходящей для данного минерала, посылается в глубь земной коры, она должна быть частотномодулированной. В остальном надо поступать так, как было описано выше.

Этот метод может оказаться перспективным для исследования глубин Луны, где нет магнитного поля, и планет, когда на них будут организованы достаточно крупные испытательные станции или высадятся первые космонавты.

ЭПР охватывает ту область низких частот, которая недоступна оптике. В не-

далеком будущем, когда начнутся работы с магнитными полями в десятки миллионов гаусс, обе области спектроскопии встретятся в инфракрасной части оптического спектра.

В оптике расстояния между энергетическими уровнями заданы строением атомов и молекул, в ЭПР это расстояние может быть изменено по произволу — с помощью внешнего магнитного поля. Эта особенность парамагнитного резонанса существенно раздвигает границы изучения веществ по диапазону частот.

Ширина спектральных линий в оптике очень мала по сравнению с частотой излучения. При ЭПР ширина линий сравнима с частотой перехода. Так как ширина линий в ЭПР определяется очень слабыми взаимодействиями атомов или молекул, то изучение их дает тонкую характеристику состояния вещества.

Интересно отметить большую плотность фотонов в экспериментах по ЭПР. Так, при частоте $\nu = 10^{10}$ герц и мощности генератора в 0,1 вт число фотонов достигает 10^{22} в секунду. В оптике такое число фотонов возбуждается только в импульсных источниках громадной мощности. При ЭПР фотоны строго когерентны, а в оптике это удается получить только с помощью лазеров.

Таким образом, электронный парамагнитный резонанс в огромной степени расширяет возможности спектроскопии.

Энциклопедия теоретической физики

Я. Б. Зельдович



Яков Борисович Зельдович (р. 1914 г.), выдающийся советский физик, академик (с 1958 г.), лауреат Ленинской и Государственных премий, трижды Герой Социалистического Труда.

Я. Б. Зельдовичу принадлежат фундаментальные работы в области физической химии, теории элементарных частиц, ядерной физики. Совместно с Ю. Б. Харитоном им заложены основы теории цепной ядерной реакции [1939—1940]. Основал школу советских физиков в области теории горения, детонации и ударных волн. В последние годы активно разрабатывает проблемы астрофизики и космологии. Неоднократно печатался в нашем журнале.

Публикуемая статья была написана по случаю присуждения академику Л. Д. Ландау и члену-корреспонденту АН СССР Е. М. Лифшицу Ленинской премии за создание курса теоретической физики [1962]. В том же году Л. Д. Ландау получил Нобелевскую премию за исследования по теории конденсированных сред и особенно жидкого гелия. В «Природе» им опубликована статья «Теория квант от Макса Планка до наших дней» [1958, № 10].

К настоящему времени курс теоретической физики пополнился новыми изданиями прежних томов и новым томом «Релятивистская квантовая теория» [авторы: Берестецкий В. Б., Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П., 1968]. «Теоретическая физика» переведена на 13 языков.

В НАСТОЯЩЕЕ время, во второй половине XX в., все мы являемся современниками, свидетелями и участниками необычайного развития науки. Оно идет вглубь, в направлении познания основных закономерностей природы, и вширь, вовлекая новые дисциплины, новые объекты исследования. Наконец, не только возрастает ее влияние на все области человеческой деятельности, но и сама наука становится массовой. Затраты на научные исследования и число людей, занимающихся исследованиями, впервые в истории человечества начинают составлять заметную долю и все более увеличиваются. Обратная сторона этого развития — возрастающая трудность науки для каждого отдельного человека.

Часто приходится слышать сетования на то, что нельзя представить себе современного Ломоносова или Леонардо да Винчи, что самый гениальный наш современник не может охватить гигантски разросшуюся современную науку. Оставим в стороне поэзию Ломоносова и живопись Леонардо.

В сфере естественных наук, наряду с общим расширением, произошел и другой процесс — выкристаллизовалась дисциплина, которую по праву можно назвать ведущей наукой, — теоретическая физика. Особое положение теоретической физики связано, с одной стороны, с тем, что в основе всех явлений, в том числе, например, химических, биологических, астрономических лежат движения и взаимодействия частиц и полей, изучаемых этой наукой. Это положение — одна из основ материалистического мировоззрения. С другой стороны, именно за последние полвека произошло осознание того, что бесконечность процесса постижения истины диалектически сочетается с окончательным установлением незыблемых законов природы, действующих в определенных областях.

В физике это общее положение формулируется как принцип соответствия: ньютоновская механика, классическая электродинамика, теория относительности, квантовая механика — все они, каждая в своей области, окончательны. Всякая будущая теория, включающая, например, описание свойств элементарных частиц, обязана включить их, так же, как, например, теория относительности переходит в ньютоновскую механику в случае малых скоростей движения.

Положение теоретической физики в ряде наук делает задачу создания учебника или курса теоретической физики осо-

бенно важной и ответственной. Эту задачу блестяще решил Лев Давидович Ландау и Евгений Михайлович Лифшиц. Присуждение Ленинской премии авторам многолетнего курса теоретической физики — заслуженная награда за многолетний плодотворный труд.

Без преувеличения можно сказать, что книги Ландау и Лифшица вошли в жизнь каждого физика. Начиная их изучение со скромным минимумом знаний в объеме одного-двух курсов вуза, читатель поднимается на высоту, достаточную для чтения сложнейшей современной научной литературы и самостоятельной творческой работы. Книги эти дают не только знания, но и методы работы. Они написаны в одном стиле, с единой точки зрения, что особенно выгодно отличает их от курсов, составленных большим разнотильным коллективом авторов.

Общий план «Теоретической физики» в настоящее время рисуется авторами в следующем виде: механика; теория поля; квантовая механика (нерелятивистская теория); *релятивистская квантовая теория; статистическая физика; гидродинамика; *теория упругости; электродинамика сплошных сред; *физическая кинетика¹.

«Механика» написана с единой точки общей аналитической механики. Общие методы применяются к столкновениям частиц, к теории колебаний. Таким образом, эта книга резко порывает со школьной механикой и с технической механикой. Книга нацелена «в будущее» — это основа для следующих томов.

«Теория поля» включает как единое целое теорию относительности, теорию электромагнитного поля и оптику. Много новых результатов исследований, принадлежавших в основном Ландау и его ученикам, приводится в связи с движением зарядов со скоростью, близкой к скорости света.

Авторы с большой смелостью порывают с обычным историческим подходом, нет картины мучительного становления теории относительности. От этого изложение необычайно выигрывает в ясности, последовательности и деловитости.

Вторая часть книги содержит мастерское изложение общей теории относительности — теории тяготения — и ее космологических применений к теории расширяю-

¹ Звездочкой отмечены книги, в то время еще не изданные. (Прим. ред., 1978)



Лев Давидович Ландау (1908—1968).



Евгений Михайлович Лифшиц.

шейся Вселенной; последнее издание (1962) содержит дополнение, включающее работу Е. М. Лифшица, В. В. Судакова и И. М. Халатникова по этому вопросу.

«Квантовая механика», наряду с общими основами, содержит применение их к теории атома и молекулы, теории столкновений и т. п. Упор сделан не на негативную сторону («нельзя одновременно измерить координату и импульс»), а на позитивное содержание квантовой механики. Достигнуто правильное равновесие между изложением общих принципов и важнейших приложений. По сравнению с «Квантовой механикой» Ландау и Лифшица, две книги Дирака и Паули (при всех их достоинствах) чересчур абстрактны, зато некоторые другие учебники выглядят как собрание разрозненных задач, сдобренное метафизическими, бесполезными рассуждениями на тему «электрон или волна?».

«Статистическая физика» в новом издании содержит последовательное изложение принципиальных основ и вывод термодинамики как следствие статистики.

Здесь особенно много нового материала, и в частности — базирующегося на работах авторов. Отметим раздел о веществе при высоких температурах и давлении; этот раздел заканчивается рассмотрением теории звезд, в которой впервые Ландау в тридцатых годах дал ясную постановку задачи и открыл возможность нейтронного ядра звезды.

Л. Д. Ландау принадлежит классификация фазовых переходов, теория фазовых переходов второго рода, интересные замечания о равновесной форме кристаллов и много других результатов. «Статистическая физика» Ландау и Лифшица необходима не только физикам, но и химикам.

Выход в свет «Механики сплошных сред» (объединяющей в настоящее время то, что превратится в дальнейшем в «Гидродинамику» и «Теорию упругости») был большим событием. Едва ли не впервые физики-теоретики обратились к этой области, где в основном работают механики и математики. Авторы отобрали все наиболее значительное, принципиально

важное из огромного накопления материала. Здесь также приведен ряд результатов, принадлежащих Ландау (в теории ударных волн и др.). Сейчас новые области техники требуют слияния физики и гидродинамики. «Механика сплошных сред» стала настольной книгой широкого круга специалистов.

Наконец, «Электродинамика сплошных сред», вышедшая сравнительно недавно (1957), дает огромный материал в области, имеющей большое практическое значение. Впервые в общий курс теоретической физики включен такой новый и бурно развивающийся раздел науки, как магнитная гидродинамика. На самом высоком уровне современной науки изложено учение об электрических и магнитных свойствах различных классов веществ (проводники, изоляторы, сверхпроводники, вещества, способные к длительному намагничиванию, и т. д.). Здесь также множество результатов принадлежит авторам.

Книги, подобные курсу Ландау и Лифшица, имеют свою судьбу. Так как авторы включают все наиболее важное, появляющееся вновь, то переиздания сопровождаются значительными изменениями и дополнениями. Для физиков нашего поколения едва ли не высшее признание важности и правильности новой работы — это ее включение в очередное издание соответствующего тома курса теоретической физики.

«Теоретическая физика» завоевала международное признание; на всех языках, во всех странах она признана лучшим учебником; впрочем, слово «учебник» здесь мало подходит, лучше назвать ее энциклопедией теоретической физики. Глядя на тома «Теоретической физики», изданные на английском языке, читая восторженные рецензии в зарубежных журналах, мы все с гордостью отмечаем короткие слова «перевод с русского».

В начале статьи упоминались Ломоносов и Леонардо да Винчи. Конечно, они действовали в совершенно иных исторических условиях, и наших современников нельзя прямо сравнивать с ними. Но сравнивая Л. Д. Ландау с лучшими физиками и теоретиками нашего времени, необходимо отметить, что в этом блестящем созвездии физиков-теоретиков нашего времени он занимает свое, особое положение

Нет другого теоретика, с которым можно было бы так плодотворно обсуждать любые вопросы — от прочности и гидродинамики до элементарных частиц и теории тяготения.

Простое перечисление результатов, принадлежащих Ландау, разбросанных в разных томах курса, показывает, что в лице Ландау мы имеем теоретика огромной широты охвата, огромного диапазона, приближающегося к гигантам прошлого. Тем более нужно ценить, что при такой творческой активности Ландау, единственный среди ведущих теоретиков мира, нашел в себе волю и силы взяться за составление «Теоретической физики». Нельзя не отметить и огромный вдохновенный труд его верного помощника и друга, Евгения Михайловича Лифшица. Вместе с Ландау они воплотили смелый замысел создания всеобъемлющей энциклопедии ведущей науки — теоретической физики. В «Теоретическую физику» вошел целый ряд оригинальных результатов Е. М. Лифшица. Работа над этим трудом стала делом его жизни, и не преувеличивая можно сказать, что без участия Е. М. Лифшица курс «Теоретической физики» не был бы таким, каким мы его знаем и ценим.

Ландау не только крупнейший ученый, но и признанный глава целой школы советских физиков-теоретиков. Автор данной статьи также с гордостью считает себя одним из учеников Ландау (не самым прилежным и не самым послушным). Но благодаря «Теоретической физике» Ландау и Лифшица, влияние школы Ландау — его подхода к физике, его научного кредо — распространяется на всех советских физиков и на физиков всего мира.

Присуждение Ленинской премии Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшицу показывает, как высоко ценят науку и ученых наш народ, наша партия, наше правительство.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Каганов М. И. ЛАНДАУ — КАКИМ Я ЕГО ЗНАЛ. — «Природа», 1971, № 7.

Приложения к «Природе»

Н. В. Успенская
Москва.

Через год после основания «Природы» ее редакторы и издатели, именовавшие себя издательством «Природа», приступили к выпуску сразу двух периодических книжных серий — «Библиотека — Природа» и «Основные начала естествознания». Книги выходили при ближайшем участии сотрудников «Природы» и, по существу, представляли собой приложения к журналу. Позднее «Природа» предпринимала попытки организовать выпуск еще нескольких серий. В одних случаях эти попытки оказались удачными (о них речь дальше), другие объявленные серии («Пресноводная фауна Европейских вод», «Пресноводная флора Европейских вод»), кажется, так и не увидели света.

Издание приложений приходится, главным образом, на 1913—1918 гг. За это время вышло, по-видимому, около 40 книг. Точными цифрами здесь оперировать трудно, так как книжных летописей за эти годы практически не существует и ни в одном из известных нам библиографических справочников приложения к «Природе» не зафиксированы. Восстановить списки книг удалось благодаря тому, что журнал не забывал рекламировать свои издания и почти все они (конечно, в разрозненном виде) по счастью сохранились в Государственной библиотеке им. В. И. Ленина.

40 книг — это, может быть, и немного. Но несомненно, что у Н. К. Кольцова, П. П. Лазарева, Л. В. Писаржевского, Л. А. Тарасевича, А. Е. Ферсмана и других со-

трудников журнала, принимавших самое активное участие в издании приложений, были широкие и заслуживающие внимания планы, которым суждено было осуществиться лишь отчасти.

Примерно за полстолетия до описываемых событий Д. И. Писарев, стремясь активизировать популяризацию науки в России, объявил ее «всемирной задачей века». К тому моменту, когда «Природа» начала делать первые шаги, в стране выходило не так уж мало научно-популярной литературы, причем она составляла не только престижную, но и весьма доходную часть продукции самых внушительных фирм.

Крупнейший издатель дореволюционной России И. Д. Сытин, которому принадлежала каждая четвертая книга, выходящая в стране, приобрел журнал «Вокруг света» и отнюдь не пренебрегал научными книгами, причем соотвествующим отделом в его издательстве руководил Н. А. Рубакин¹.

П. П. Сойкин, не знавший себе равных по общему тиражу типографской продукции, начал свое дело с научно-популярного журнала «Природа и люди» (1889—1918) и всю жизнь главное внимание уделял многочисленным сериям научно-популярных книг, а также приключениям и научной фантастике.

Особым авторитетом пользовалась литература, выходящая с маркой «М. и С. Сабашниковы». Биолог по образованию, друг А. Л. Шанявского, основателя народного университета, М. В. Сабашников стремился сотрудничать с лучшими представителями

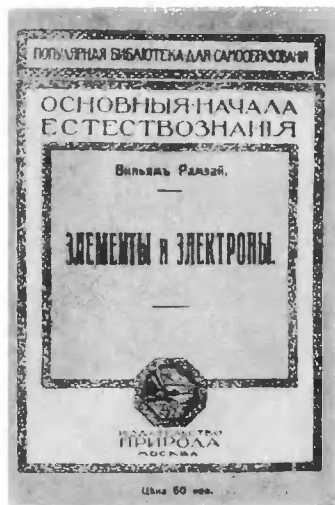
русской культуры и науки. Основную задачу он видел в пропаганде биологических знаний и довольствовался самоокупаемостью своей продукции.

Такова была расстановка самых мощных сил (не считая множества более скромных), с которыми пришли в столкновение книгоиздательские начинания «Природы». Это сказалось моментально. Подписка на приложения шла хуже, чем было запланировано. Периодичность первых же серий (поначалу они даже назывались журналами) пришлось отменить. В серии «Библиотека — Природа» вместо обещанных на 1913 г. двенадцати книг вышло девять, да и те выпускались на протяжении 1913—1917 гг. Со второй серией дела обстояли примерно так же. Но нельзя забывать, что вполне естественные на первых порах осложнения, вызванные существованием более опытных конкурентов и недостатком материальных средств, усугубились трудностями военно-революционных лет.

Ю. А. Филипченко так писал об этом в 1917 г. в предисловии к книге «Наследственность»; «Печатание книги благодаря обстоятельствам военного времени несколько затянулось. Не могу при этом не отметить, что если тем не менее оно доведено до конца и внешнему виду книги придан возможно лучший в настоящее время характер, то всем этим она обязана энергии и настойчивости издательства «Природы» в лице ее представителя Л. А. Тарасевича...»

Естествоиспытатели, чья молодость приходится на то нелегкое время, помнят и «Природу», и ее приложения. В науке, как и в жизни, тогда многое находилось в движении. Ее основы были потрясены появлением теории относительности и квантовой теории света, перераскрытием законов Мен-

¹ См.: Белов С. В., Толстиков А. П. Русские издатели конца XIX — начала XX в. Л., 1976.



деля, обнаружением рентгеновских лучей и радиоактивности. При такой ситуации было особенно ценно участие ученых мирового уровня в популяризации науки, независимо от того, в чем бы это участие ни выразалось — в написании статьи, редактировании или в отборе книги для перевода.

Итак, о первых двух сериях приложений к «Природе». Они не слишком различались между собой, но более интересными книгами открывалась серия «Основные начала естествознания», предназначенная «для лиц, не получивших систематических естественно-исторических знаний и желающих пополнить этот пробел самообразованием». Здесь сразу стали печататься переводы книг зарубежных ученых, заявивших о себе крупными открытиями. Одним из первых был переведен на русский язык Уильям Рамзай (1852—1916), получивший в 1904 г. Нобелевскую премию за открытие благородных газов и широко известный своими работами по исследованию радиоактивности. Квинтэссенция его книги «Элементы и электроны» заключалась в проблеме трансмутации элементов, которая в те годы остро дискутировалась. То и дело появлялись сенсационные сообщения об открытиях, которые потом оказывались ошибками эксперимента. Исследователей лихорадило. К. А. Тимирязев в 1913 г. выступил по этому поводу в газете «Русские ведомости» со статьей «Химическая смута». Рамзай принадлежал к числу «смутьянов». Он был слишком близок к истине, настолько, что не мог поверить, будто не в состоянии дотянуться до нее рукой. «Один из величайших мыслителей прошлого столетия, Михаил Фарадей, — писал Рамзай в этой книге, — все еще сохранял надежду, что химия с успехом выполнит превращение одного элемента в другой [...] Надежда эта, по мнению автора настоящей книжки, теперь осуществлена».

На самом деле искусственного превращения одного элемента в другой добился Э. Резерфорд, притом несколь-



СЕРИЯ «ОСНОВНЫЕ НАЧАЛА ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»:

- А. Кизс. Человеческое тело. Пер. с англ. П. П. Дьяконова. С предисл. и под ред. А. А. Дешина. 1913.
- Е. Лехер. Физические картины мира. Пер. О. Писаржевской. Под ред. Л. В. Писаржевского. 1913.
- Ч. С. Майнот. Современные проблемы биологии. Пер. с нем. В. Н. Розанова и В. Колпа. Под ред. и с предисл. Л. А. Тарасевича. 1913.
- Г. Ми. Молекулы, атомы, мировой эфир. Пер. с нем. Э. В. Шпольского. Под ред. Т. П. Кравца. 1913.
- В. Рамзай. Элементы и электроны. Пер. с англ. А. Рождественского. Под ред. с предисл. и прим. Николая Морозова. 1913.
- С. Аррениус. Представление о строении Вселенной в различные времена. Пер. А. М. Под ред. К. Д. Покровского. 1914.
- В. Бельше. Материки и моря в смене времен. Пер. с нем. В. Н. Розанова под ред. А. А. Чернова. 1914.
- Л. Мекензи. Здоровье и болезнь [?].
- Р. Розен. Чудеса и загадки жизни [?].

СЕРИЯ «БИБЛИОТЕКА — ПРИРОДА»:

- К. Гизенгаген. Оплодотворение и наследственность в растительном царстве. Пер. с нем. Е. М. Шендзиковской. С прим. и под ред. Р. В. Заленского. 1913.
- В. Р. Эккардт. Климат и жизнь [Биоклиматология]. Пер. с нем. В. Н. Розанова. Под ред. с предисл. и доп. А. А. Крубера. 1913.
- Р. Франсэ. Мир малых существ пресной воды. Пер. с нем. А. Бродского. Под ред. Н. К. Кольцова. 1913.
- К. Тезинг. Размножение и наследственность. Пер. с нем. И. П. Сазонова. Под ред. Л. А. Тарасевича. 1913.
- Ф. Содди. Материя и энергия. Пер. с англ. С. Г. Займовского. Под ред. с предисл. и прим. Н. Морозова. 1913.
- Г. фон Буттель-Реепен. Из истории происхождения человечества. Первообычный человек до и во время ледниковой эпохи в Европе. Пер. с нем. В. И. Бухваловой и Т. Б. Крыловой. Под ред. и с доп. Е. А. Шульца. 1913.
- В. Готан. Ископаемые растения. Очерк растительного мира минувших геологических эпох. Пер. с нем. и доп. Г. А. Генкала. 1914.
- Р. Бернштейн, Р. Марквальд. Видимые и невидимые лучи. Пер. Э. В. Шпольского. Под ред. Т. П. Кравца. 1914.
- Ю. А. Филиппенко. Наследственность. 1917.



ВНЕСЕРИЙНЫЕ ИЗДАНИЯ:

- Л. В. Писаржевский. Учебник химии. 1913.
- Календарь русской природы на 1916 г. Ред. Н. К. Кольцов, Н. М. Кулагин, Л. А. Тарасевич. 1916.
- Р. Ф. Шарф. Европейские животные, их геологическая история и географическое распространение. Пер. с англ. С. А. Бутурлина. 1918.
- А. Е. Ферсман. Самоцветы России. Цикл лекций, читаний в Комиссии производительных сил России Российской академии наук в 1919 г. Т. I, 1921. [В «Природе» за 1921 г. было объявлено, что книга выходит в издательстве «Природа», однако она выпущена в свет без марки издательства.]

ко лет спустя, в 1919 г., но метод этого открытия был почти предугадан Рамзаем.

Эта книжка, написанная по горячим следам событий, вышла под редакцией и с предисловием Николая Александровича Морозова (1854—1946), оставившего по себе память и в истории революции, и в истории науки. Бывший народолец, осуждавшийся по «процессу 193-х», по «процессу 20-ти» и в 1911 г. снова отсидевший год в тюрьме, он был известен глубокими идеями в области химии (теоретически предсказал существование инертных элементов) и астрономии. На про-

тяжении многих лет он был тесно связан с «Природой», выступал в ней и как автор, и как редактор.

Почти одновременно с книжкой Рамзая в той же серии вышла книжка «Молекулы, атомы, мировой эфир», также посвященная животрепещущим вопросам строения вещества. Она принадлежала известному немецкому физику из Грейфсвальдского университета Густаву Ми (1868—1957), а перевел ее близкий в то время к журналу «Природа», совсем еще молодой Эдуард Владимирович Шпольский (1892—1975), впоследствии на протяжении многих лет главный редактор журнала «Успехи физических наук». Книга вышла под редакцией Торичана Павловича Кравца (1876—1955), позднее члена-корреспондента АН СССР, а в те годы преподавателя Коммерческого училища, постоянного сотрудника «Природы».

Кстати говоря, в том же году книга Ми «Молекулы, атомы, мировой эфир» выдержала два издания в издательстве П. П. Сойкина.

Среди авторов серии «Основные начала естествознания» мы встречаем знаменитого шведа Сванте Аррениуса (1859—1927), имя которого часто появлялось и в журнале. Хотя он вошел в историю как физикохимик, создатель теории электролитической диссоциации, за которую получил в 1903 г. Нобелевскую премию, астрономия и астрофизика играли в его жизни не менее значительную роль. Впрочем, он занимался очень разными вещами: теорией солнечной короны, причинами оледенений Земли, происхождением жизни, приложением физико-химических законов к биологическим процессам и др. О многом из этого перечня он говорит в книге «Представления о строении Вселенной в различные времена», и говорит с полнейшим увлечением, столь, по-видимому, для него характерным: «Приходится иногда слышать, что мы живем «в лучшем из миров». Трудно сказать об этом что-либо твердо обоснованное, но мы, естествоиспытатели, по крайней мере можем утверждать с пол-



СЕРИЯ «НАРОДНАЯ БИБЛИОТЕКА «ПРИРОДА»:

- Л. А. Тарасевич. Чума. 1918.
- Е. А. Богданов. Что такое породистый скот. 1918.
- Е. А. Богданов. Что нужно знать всякому хозяину о кормлении молочных коров. 1919.
- В. Л. Омелянский. Хлеб, его приготовление и свойства. 1918.
- И. Ф. Полак. Изменение календаря. М., 1918.
- П. И. Степанов. Каменный уголь. 1918.
- Зарин. Молоко (!).
- Лялин. Сахар (!).
- Стоянов. Нефть (!).
- Тан. На пороге человеческой культуры (!).

ной уверенностью, что мы живем в лучшей из эпох».

Книга вышла под редакцией известного астронома Константина Доримедонтовича Покровского, который возглавлял в эти годы отдел в журнале «Природа» и сам часто публиковался в нем. В конце жизни он был директором Одесской обсерватории.

Из других изданий серии нужно отметить книгу «Современные проблемы биологии» профессора Гарвардского университета Чарлза Седжвика Майнота (1852—1914), которая должна была привлечь к себе внимание эмпирическими кри-



СЕРИЯ «МЕДИКО-САНИТАРНЫЕ ОЧЕРКИ»:

Л. А. Тарасевич. Заразные болезни. 1915 (изд. 2-е, 1916).

СЕРИЯ «КЛИНИЧЕСКИЕ ОЧЕРКИ»:
Д. Д. Плетнев. Сердечная слабость. 1918.

И. И. Остромысленский. Сон. У человека и животных. М., 1918.

выми роста и попытками обобщить закономерности этого процесса, а также книгу «Человеческое тело», написанную видным английским анатомом по имени А. Кизс, или Кис (Keith) (1866—1955), который впоследствии стал больше известен как историк дарвинизма и директор Дома-музея Дарвина в Дауне.

Несколько слов о серии «Библиотека — Природа», которая ставила своей задачей «популярное изложение в более глубокой и расширенной форме тех естественноисторических вопросов, которые рассматриваются в обычных жур-

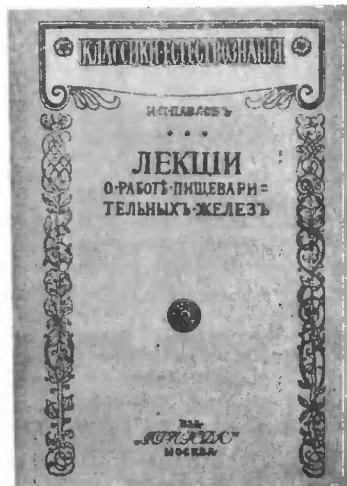
нальных статьях лишь в общих чертах».

Шесть из девяти книг этой серии могут быть охарактеризованы общими для них словами: посвящены важным для того (а впрочем, и для нашего времени) проблемам биологии, переведены с немецкого и, в соответствии с задачей серии, принадлежат перу опытных популяризаторов науки. На их неярком фоне резко выделяется книга Фредерика Содди (1877—1956), вышедшая, как и книга Рамзая, под редакцией и с предисловием Н. А. Морозова. Редактор горячо рекомендует читателям «третьего и самого молодого члена блестящей триады современных английских исследователей в области радиоактивных веществ», сотрудника Резерфорда и Рамзая.

Широта мысли, энтузиазм и темперамент Содди превращают его «философское обобщение представлений о строении материи и энергии» в самое увлекательное чтение.

«Наследственность» Ю. А. Филипченко — последняя книга серии «Библиотека — Природа» (вышла с разрывом от предыдущих в три года) и единственная в ней, принадлежащая перу отечественного ученого. О трудностях ее издания уже упоминалось. Но если бы издательство «Природа» кроме этой книги не выпустило ни одной другой, то и тогда оно было бы достойно памяти.

Перечисление заслуг Юрия Александровича Филипченко (1882—1930), крупнейшего генетика, организатора первой в нашей стране кафедры генетики, часто начинают с того, что в 1913 г. он стал читать в Петербургском университете первый в России курс генетики. Так вот эти лекции он и положил в основу книги «Наследственность», которая трижды переиздавалась с 1918 по 1926 г. Этот тщательно отработанный во всех деталях лекционный курс и сейчас, спустя много лет, производит особенное впечатление своей ясностью, логикой и простотой при том, что речь в нем шла о совершенно новых для того времени представлениях. В оценке Ю. А. Филипченко им воздается ровно



СЕРИЯ «КЛАССИКИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»:

И. П. Павлов. Лекции о работе главных пищеварительных желез. Новое издание, просмотренное автором. 1917.

И. И. Мечников. Лекции о сравнительной патологии воспаления. Под ред. Л. А. Тарасевича. 1917.

А. Карпинский. Очерки геологического прошлого Европейской России (Статьи 1882—1894 г. с дополнительными примечаниями). 1919. [Книга объявлена журналом как один из томов серии «Классики естествознания», но вышла в издательстве «Природа» без рубрики.]

столько, сколько впоследствии отмерено на весах истории. Говоря об идеях, еще не доказанных и дискуссионных, Ю. А. Филипченко предпринимает все возможные меры предосторожности, чтобы не повлиять на мнение своих читателей.

Издательство «Природа» выпустило несколько книг, не привязанных к сериям, в частности под редакцией Н. К. Кольцова, Н. М. Кулагина и Л. А. Тарасевича вышел «Календарь русской природы на 1916 г.». Надо сказать, что календари — традиционная в России справочная, а иногда и частично фаз-

**ПРЬСНОВОДНАЯ ФАУНА
ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ.**

**ПРЬСНОВОДНАЯ ФЛОРА
ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ.**



**КЛАССИКИ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

**Естествен.-Историческая
библиотека „ПРИРОДА“**

**Основные начала
Естествознания.**

Пръсноводная фауна.

подъ редакцией
проф. **Н. М. Мольцова.**
Въ вид. прамис. учает. 41 отрудю.

Цель издания—дать интересующимся русской природой возможность подробного ознакомления съ жизнью прьсной воды и содействовать расширению исследования по русской фауне.

Издание будетъ выходить выпусками, которые будутъ продаваться отдельно или по подпискѣ. (Объ условіяхъ подписки см. средней столбечъ).

**Имячатыны студующе
выпуски:**

1. Общая гидробиология. I. Связь между организмами и водной средой. II. Физико-химические условия существования водныхъ организмов. III. Методика собиранія водныхъ животныхъ.
2. Географическое распределение прьсноводныхъ организмовъ.
3. Прикладное значение прьсноводныхъ организмовъ.
4. Простышныя Саргодовые.
5. Простышныя Битомоссы.
6. Простышныя Споросы.
7. Простышныя Медузыри.
8. Губны. Кишечнополостныны. Ръсчатые червы, немертныны.
9. Сосальщныны.
10. Ленточные червы.
- 11а. Свободно живущыя круглые червы.
- 11б. Паразитич. круглые червы.
12. Колончаткы и гастротрихи.
14. Малощетинковныя пиявки.
15. Моллюски и шпанки.
16. Паукообразныны.
17. Ракообразныны I. Листоногны. Сладосета.
18. Ракообразныны II.
19. Стрекозы.
20. Чешуекрылые, подвонны, всенныны.
21. Стчатокорылы, перепончатокорылы, полуместокорылы и Collembola.
22. Ручейничкы.
23. Двукрылыны.
24. Жуки.
25. Позвоночныны.

Пръсноводная флора

подъ редакцией
проф. **В. Ш. Арнольда.**
Въ виданіи принимаютъ участіе:
М. А. Алексичко, В. М. Арнольд, С. М. Вислоухъ, Л. И. Волковъ, А. А. Еваничъ, Б. Л. Исаченко, В. И. Казаноскій, А. А. Коршиковъ, Л. В. Рейгардъ, Я. В. Ролъ, М. Я. Савиновъ, Д. О. Свириено, В. И. Сумачевъ, Л. А. Шнорботовъ.

Отъдѣльные выпуски этого изданія составляютъ серію, въ которую войдутъ изъбранные научные труды по естествознанію, въ первую очередь русскимъ ученымъ. Каждому ученому предполагается посвящать отдельный выпускъ, но въ исключительныхъ случаяхъ труды ученыхъ той или иной школы могутъ быть объединены въ одинъ сводный выпускъ, задачей котораго явится выясненіе и характеристика определеннаго научнаго течения.

Статьи, напечатанныя на иностранныхъ языкахъ, дѣются и въ русскомъ переводѣ. Все выпускныя будутъ одного и того же формата, въ разнообразныхъ материалахъ и составятъ библиотечку классиковъ естествознанія.

Скоро выйдутъ изъ печати.

Н. И. Мичинковъ. Лекція по сравнительной теоріи воспаления. Подъ ред. и съ пред. проф. **А. А. Тарасевича.**
Н. П. Павловъ. Лекція о работѣ пищеварительнаго железа.

Готовятся къ печати

М. В. Лодолосовъ. Изъбранныя работы подъ ред. и съ пред. акад. **П. И. Вильева.**
Ф. А. Бродихина. Избр. работы подъ ред. **С. К. Костянского, проф. К. Д. Покровскаго и Г. Ф. Павлова.**
А. Г. Столетьевъ. Антио-электрическія изсѣдованія. Подъ ред. и съ пред. проф. **П. П. Лазарева.**
В. В. Петровъ, Лодолосовъ и П. И. Дьячкова. (Русская электротехника) Подъ ред. и съ пред. **К. И. Шенфера.**
В. О. Ковалевскій. Изъбранныя палеонтологическія работы. Подъ ред. и съ пред. **А. А. Брискина.**
А. О. Ковалевскій. Изъбранныя работы по эмбриологии. Подъ ред. и съ пред. **М. И. Давыдова и С. И. Матальникова.**
Гуревъ, Раби, Спасскаяныны. О зарожденіи жизни съ столетъ (экспериментальная биология въ XVII и XVIII столѣтіяхъ). Подъ ред. и съ пред. **М. К. Кольцова.**
Луи Пастеръ. Изъбранныя работы. Подъ ред. и съ пред. **Л. А. Тарасевича.**

Условія подписки на „Клас. Ест.“, Прьсны. фауну“ и „Пръснов. флору“

Лица, желающія обезпечить себя своевременное получение отдѣльныхъ выпусковъ по мѣрѣ ихъ выхода въ свѣтъ, выслать 10 рублей, послѣ чего является въ число подписчиковъ на это изданіе.
Подписчики на это изданіе пользуются скидкой съ номинальной цѣны въ размѣрѣ 10%. Если они одновременно состоятъ подписчиками и на журналъ „Природу“, то они пользуются скидкой до 20%.
Высланы 10 рублей—попадаютъ стоимость (за вычетомъ скидки) высланныхъ по мѣрѣ ихъ выхода выпусковъ изданія, послѣ чего дальнейшая высылка прекращается до полученія отъ подписчика слѣдующаго десятирублеваго взноса.

Цѣны отдѣльныхъ выпусковъ будетъ определяться въ зависимости отъ ихъ объема и вообще стоимости изданія.

Подписка принимается лишь на выпуски въ порядкѣ ихъ выхода въ печать, а не по выбору подписчика.

Подписные деньги высылаются почтовымъ переводомъ по адресу: „Издательство „Природа“, Москва, 24. Москва“.

ИЗД.
„ПРИРОДА“
МОСКВА

Проф. **Е. ЛЕХЕРЪ.** Физическія картины міра. Съ 28 рис. Перев. подъ ред. проф. **Л. В. Писаржевскаго.** Ц. 50 коп.

В **РАМЗЯИ** Элементы и аэстрономія. Съ 3 рис. Перев. подъ ред. и съ примѣч. **Николая Морозова.** Ц. 60 коп.

Ч. С. МАЙНОВЪ. Современныя проблемы биологии. Съ 53 рис. Пер. подъ ред. проф. **Л. А. Тарасевича.** Ц. 60 коп.;
Проф. Л. МЕКЕНЗИ. Здоровье и болѣзнь. Перев. подъ ред. проф. **Л. А. Тарасевича.** Ц. 60 коп.

Проф. **К. ИМЗЪ.** Тѣло человека. Съ 10 рис. Перев. подъ ред. проф. **А. А. Дешина.** Ц. 50 коп.

В. БЕЛЬШЕ. Материка и моря въ свѣтъ времени. Съ 14 рис. Пер. под. ред. **А. А. Чернова.** Ц. 60 коп.

С. АРРЕНИУСЪ. Представленіе о строеніи вселенной въ различные времена. Съ 27 рис. Перев. подъ ред. проф. **К. Д. Покровскаго.** Ц. 1 руб.

Проф. **К. ГИЗЕНГАЕНЪ.** Оплодотвореніе и вѣдѣніе насажденности въ растительномъ царствѣ. Съ 30 рис. Перев. подъ ред. проф. **В. Р. Заленскаго.** Ц. 60 коп.

Д-ръ К. ТЕЗНИНЪ. Разноженіе и всилъствителность. Съ 35 рис. Перев. под. ред. проф. **Л. А. Тарасевича.** Ц. 50 коп.

Д-ръ Г. Фоль БУТТЕЛЬ-РЕЕПЕНЪ. Изъ исторіи происхождения человѣчества. Первообытныя человѣкъ до и во время ледниковаго взола въ Европѣ. Съ 108 рис. Перев. подъ ред. и съ добавлен. **Е. А. Шульца.** Ц. 70 коп.

Д-ръ В. Р. ЭЙКАРДЪ. Камышъ и жизнь. Перев. подъ ред. и дополн. проф. **А. А. Крубца.** Ц. 50 коп.

Р. ФРАНСЕ. Микроскопическій міръ прьсныхъ водъ. Съ 49 рис. Перев. подъ ред. проф. **Н. К. Кольцова.** Ц. 60 к.

Д-ръ В. ГОТАНЪ. Исполненныя растенія. Съ 89 рис. Пер. доц. **А. Генкель.** Ц. 1 руб.

Проф. **Р. БЕРНШТЕЙНЪ** и проф. **В. МАРКВАЛЬДЪ.** Видимыя и невидимыя лучи. Съ 84 рис. Перев. подъ ред. проф. **Т. П. Кравца.** Ц. 60 коп.

Подписчики жур. „Природа“ пользуются скидкой въ 10% и при выпискѣ книгъ не мѣсяе, чѣмъ на 2 р., за пересылку не платятъ.

3-я страница обложки «Природы» [1917, № 4] с рекламой приложений к журналу.

влекательная книга — были в большом ходу. Только И. Д. Сытин издавал 25 типов календарей. Можно было приобрести календарь, рассчитанный на любой вкус и профессию, даже календарь инженера, но календарь, дающий научную сводку всех основных сезонных явлений природы, выходил впервые. Редакция оговаривалась, что из-за отсутствия других данных в нем приводятся сведения только по центральной области европейской России. Но и такая сводка была чрезвычайно трудоемким делом, потребовавшим участия четырнадцати крупных специалистов из разных областей естествознания. В результате этого и благодаря сжатой, преимущественно табличной форме, получилось уникальное по своей информативности справочное издание. В него вошли история календаря, астрономические явления, месяцеслов (таблица с указанием дат рождения крупнейших ученых и некоторых выдающихся открытий), погода и состояние рек, данные о птицах, бабочках, вредных насекомых, календарь рыбоводства и рыболовства, колебания числа браков, рождений и смертей в разные времена года, календарь эпидемических болезней, важнейшие химические таблицы. По замыслу редакции, календарь должен был издаваться ежегодно в измененном и дополненном виде. В наши дни такое издание стало бы «бестселлером».

В 1916—1919 гг. «Природа» выпускает несколько книжек под рубриками «Медико-санитарные очерки», «Народная библиотека «Природа», «Клинические очерки». Это в основном тонкие брошюры, рассчитанные на читателя, не получившего среднего образования. Авторы брошюр — видные специалисты: небыизвестный нам Л. А. Тарасевич; микробиолог, впоследствии академик В. Л. Омелянский (1867—1928); геолог, также будущий академик П. И. Степанов (1880—1947); видный терапевт Д. Д. Плетнев; один из основоположников зоотехнии в СССР Е. А. Богданов (1872—1931).

Но и в эти горячие годы

планы издателей «Природы» не ограничивались литературой такого рода. С 1915 г. Н. К. Кольцов, П. П. Лазарев, Л. А. Тарасевич, А. Е. Ферсман и другие сотрудники журнала читали лекции в фонд организации при журнале «Природа» серии книг типа немецкой «Wissenschaft» или французской «Scientia». В 1917 г. появляются книги нового и последнего приложения к «Природе» — «Классики естествознания».

В обращении к читателям те же Н. К. Кольцов, П. П. Лазарев и Л. А. Тарасевич говорят о том, почему необходимо издавать научную классику. Пусть результаты этих работ вошли в учебники или даже опровергнуты. Цель их публикации — пробудить в молодом натуралисте дух исследователя, ибо «нигде процесс искания научной истины не затрагивает нас с такою полнотою, как в классических произведениях великих ученых и мировых гениев».

Издатели говорят в том же обращении о своих намерениях организовать еще одну серию, название которой пока не определено. Это должны быть обзоры современного развития различных областей естествознания. «...Издательство «Природы» решило идти параллельно обоими этими путями».

В серии «Классики естествознания» вышли, по-видимому, только две или три книжки, под № 1 и 2 — лекции И. И. Мечникова и И. П. Павлова. Во второй серии, получившей позднее название «Современные проблемы естествознания», кажется, — ни одной. Но отрадно знать, что из искры возгорелось пламя. С 1922 г. эти серии начинают издаваться в Госиздате. В редколлегии, естественно, входят Н. К. Кольцов, П. П. Лазарев, Л. А. Тарасевич. Первый и второй тома «Классиков естествознания» были переизданы, а всего их вышло 17. В серии «Современные проблемы естествознания» было выпущено 42 тома. Б. Л. Астауров писал, что именно по этим книгам его поколение знакомялось с передовым научным фронтом того времени.

Невышедший номер «Природы»

Д. В. Лебедев

Ленинград.

Недавно стал известен один факт из истории «Природы», связанный с жизнью блокадного Ленинграда.

Последним, полностью подготовленным до начала Великой Отечественной войны, был № 6, подписанный к печати 17 июня 1941 г. Сдвоенный № 7—8 подписан к печати 19 августа — в день, когда фашистские орды уже вплотную подошли к городу. Журнал открывался статьей «Сметем с лица земли фашистских варваров». Оба номера вышли тиражом 13 300 экземпляров.

После этого наступил почти годичный перерыв, так как следующий номер «Природы» (1942, № 1—2) был подписан к печати 30 июня 1942 г. В это время журнал издавался уже в Казани, куда была эвакуирована часть Академии наук СССР, в том числе и коллектив Ботанического института им. В. Л. Комарова, в котором работал Всеволод Павлович Савич, ответственный редактор «Природы»¹. В 1942 г. вышло в свет четыре сдвоенных номера «Природы». Тираж их колебался от 2000 до 3750.

Но перерыв в работе редакции журнала был короче, чем следует из приведенных данных. При разборе личных бумаг В. П. Савича, переданных после его кончины в архив Ботанического института, были обнаружены два экземпляра второй корректуры № 9 «Природы» за 1941 г., так и не вышедшего в свет.

Номер открывается перепечатанным из газеты «Правда» от 29 июня обращением «К ученым всех

стран», подписанным 42 академиками. За ним следуют три больших статьи. Первая статья С. А. Мельникова «Полное солнечное затмение 21 сентября 1941 г.» была сдана в печать в июле, как сказано в сноске, а в конце статьи напечатана телеграмма Г. А. Тихова, адресованная директору Пулковской обсерватории и датированная 13 ч 50 м 21 сентября: «Наблюдения затмения прошли удачно при ясной погоде. Наблюдали в Алма-Ате». За ней шла статья Н. Г. Лебединского «Эстетический половой отбор как фактор выживания видов в борьбе за существование». Весьма актуальное значение в условиях войны с фашизмом имело выступление В. В. Гинзбурга «Учение о расах и расовая теория»². Учитывая злободневность материала, редакция сопроводила его двумя библиографическими списками: «Литература для лектора» и «Для малоподготовленного читателя».

18 страниц отводилось традиционному разделу «Новости науки», в котором было помещено 11 заметок по астрономии, физике, геологии, биохимии, ботанике, зоологии, палеозоологии, паразитологии. Все эти заметки готовились еще до войны, кроме одной, двенадцатой: Л. Исаков. Проблемы военной светомаскировки с точки зрения физиологической оптики. В этой заметке, отнесенной к новому подразделу «Вопросы военной техники», излагались результаты новейших исследований, проведенных голландскими учеными.

50-летию Всесоюзного института экспериментальной медицины была посвящена статья Н. И. Проппер-Гращенкова. Д. Н. Соболев написал нек-

ролог известному харьковскому геологу Н. И. Криштафовичу, скончавшемуся 4 января 1941 г. Особо подчеркивались заслуги Н. И. Криштафовича как организатора геологической библиографии в России, что принесло ему мировую известность.

В традиционном разделе «Varia» (разное) две из трех заметок также связаны с начавшейся войной. Сотрудник Всесоюзного института растениеводства Вадим Степанович Лехнович, бывший тогда ответственным секретарем редакции, подготовил на основе английских материалов обзор «Оконные стекла и взрывы авиабомб». В. П. Савич выступил с откликом на предложение американского ботаника Ф. Фосберга о создании центрального гербария типов видов растений. Предложение это было внушено тревогой за судьбу мировых культурных ценностей, которым угрожала фашистская агрессия. Здесь же помещено «Письмо в редакцию» В. И. Вернадского, где он опровергает ошибочно приписанное ему И. С. Астаповичем в № 4 «Природы» высказывание по поводу Тунгусского метеорита.

В конце номера предлагалось опубликовать три рецензии и традиционный выборочный список новой научной литературы, изданной в Советском Союзе и за рубежом.

Все ухудшавшиеся условия жизни в осажденном городе сделали невозможным выпуск в свет полностью набранного и откорректированного номера (он должен был печататься в типографии им. М. М. Володарского). Прервалась на некоторое время и работа редакции журнала, возобновленная в Казани в значительной степени благодаря энергии и преданности делу его ответственного редактора В. П. Савича.

¹ См.: Лебедев Д. В. Памяти В. П. Савича.— «Природа», 1972, № 8.

² Статья вышла в свет в № 2 «Природы» за 1943 г.



Анатолий Петрович Александров К 75-летию со дня рождения

13 февраля 1978 г. исполняется 75 лет Президенту Академии наук СССР, трижды Герою Социалистического Труда, академику Анатолию Петровичу Александрову.

А. П. Александров широко известен своими исследованиями в ряде областей современной физики и техники. Он является крупнейшим ученым-организатором советской науки.

В предвоенные годы А. П. Александровым был выполнен ряд исследований, сыгравших решающую роль в формировании многих направлений современной физики конденсированного состояния. К их числу относятся: изучение закономерностей электрического пробоя диэлектриков, хрупкого разрушения твердых тел при механических нагрузках, работы по электрическим и механическим релаксационным явлениям в полимерах и др.

В годы Великой Отечественной войны А. П. Александров вместе с другими советскими учеными отдает весь свой талант и энергию делу защиты нашей Родины. Он становится инициатором и руководителем работ по защите кораблей от магнитных мин — работ, сыгравших существенную роль в обеспечении

жизнеспособности нашего флота. Однако наиболее широко и полно его талант ученого-организатора раскрывается тогда, когда он в качестве ближайшего помощника И. В. Курчатова включается в работы по решению центральной научно-технической проблемы XX века — проблемы овладения атомной энергией.

А. П. Александров является одним из ведущих руководителей исследований по атомной науке и создателей отечественной атомной энергетики. Под его непосредственным научным руководством строится ряд исследовательских реакторов, современных реакторов для атомных электростанций, для энергетических установок ледокольного флота и т. д. Наряду с этими направлениями в круг интересов А. П. Александрова входят самые различные области современной науки, такие как молекулярная биология и физика твердого тела, ядерная физика и неорганическая химия, проблема технического использования сверхпроводимости.

Журнал «Природа» рад в своем 750-м номере поздравить Анатолия Петровича Александрова с 75-летием и пожелать ему здоровья и дальнейших творческих успехов.

Космические исследования

Запуски космических аппаратов в СССР (сентябрь — октябрь 1977 г.)

В сентябре — октябре 1977 г. в Советском Союзе были осуществлены запуски 21 космического аппарата, в том числе 15 спутников серии «Космос» с научной аппаратурой, предназначенной для продолжения исследований космического пространства.

29 сентября 1977 г. был произведен запуск орбитальной научной станции «Салют-6», предназначенной для проведения научно-технических исследований и экспериментов, а также отработки конструкции, бортовых систем и аппаратуры орбитальных станций. 9 октября 1977 г. в 5 ч 40 мин по московскому времени был запущен космический корабль «Союз-25» с экипажем в составе командира корабля В. В. Коваленка и бортинженера В. В. Рюмина. 10 октября в 7 ч 9 мин было начато автоматическое сближение корабля «Союз-25» с орбитальной станцией «Салют-6», а затем с расстояния 120 м проводилось причаливание. Из-за отклонений от предусмотренного режима причаливания стыковка была отменена, и 11 октября 1977 г. экипаж возвратился на Землю в спускаемом аппарате корабля «Союз-25», который в 6 ч 26 мин совершил мягкую посадку на территории Советского Союза в 185 км северо-западнее города Целинограда.

Спутник связи «Экран» (международный регистрационный индекс «Стационар-Т»), выведенный на близкую к стационарной околоземную орбиту, предназначен для обеспечения

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклоне-ние, град	период обращения, мин
«Космос-948»	2.IX	217	265	81,4	89
«Космос-949»	6.IX	184	348	62,8	89,5
«Космос-950»	13.IX	213	305	62,8	89,4
«Космос-951»	13.IX	989	1 029	83	105
«Космос-952»	16.IX	258	278	65	89,7
«Космос-953»	16.IX	188	354	62,8	89,6
«Космос-954»	18.IX	259	277	65	89,6
«Космос-955»	20.IX	631	664	81,2	97,5
«Экран»	20.IX	35 560	35 560	0,4	1425
«Прогноз-6»	22.IX	498	197 900	65	5688
«Космос-956»	24.IX	358	865	75,8	96,9
«Интеркосмос-17»	24.IX	468	519	83	94,4
«Салют-6»	29.IX	219	275	51,6	89,1
«Космос-957»	30.IX	181	381	65	89,8
«Союз-25»	9.X	280	319	51,6	90,2
«Космос-958»	11.X	265	369	62,8	90,5
«Космос-959»	21.X	153	891	66	94,8
«Космос-960»	25.X	505	549	74	95,1
«Космос-961»	26.X	125	302	66	88,5
«Молния-3»	28.X	478	40 764	62,8	735
«Космос-962»	28.X	983	1 022	83	104,9

вом диапазоне волн передачи цветных и черно-белых программ Центрального телевидения СССР на сеть приемных устройств коллективного пользования, расположенных в населенных пунктах Сибири и Крайнего Севера. Кроме усовершенствованной ретрансляционной аппаратуры, на спутнике установлены трехосевая система точной ориентации на Землю, система энергоснабжения с независимым наведением и слежением солнечных батарей за Солнцем, система коррекции на орбите, система терморегулирования и другие служебные системы.

Очердной спутник связи серии «Молния-3» предназначен для обеспечения эксплуатации системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи в Советском Союзе, а также передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орби-

та» и в рамках международного сотрудничества.

Для продолжения исследований, начатых в 1972 г. станцией «Прогноз», 22 сентября 1977 г. была запущена автоматическая станция «Прогноз-6». На станции массой 910 кг установлена созданная в СССР, ЧССР и Франции научная аппаратура для исследований корпускулярного и электромагнитного излучений Солнца, потоков солнечной плазмы, магнитных полей в околоземном космическом пространстве с целью определения влияния солнечной активности на межпланетную среду и магнитосферу Земли, а также исследования галактических ультрафиолетовых, рентгеновских и гамма-излучений¹.

¹ Подробнее о «Прогнозе-6» см.: «Природа», 1978, № 1.

Космические исследования

«Интеркосмос-17»

24 сентября 1977 г. в Советском Союзе, в соответствии с программой сотрудничества социалистических стран в области исследования и использования космического пространства в мирных целях, был произведен запуск спутника «Интеркосмос-17». Он был выведен на орбиту с высотой в перигее 468 км, в апогее — 519 км, наклоном 83° и периодом обращения 94,4 мин.

На борту спутника установлена научная аппаратура, разработанная специалистами ВНР, СРР, СССР и ЧССР и предназначенная для продолжения исследований в области физики космических лучей, изучения

заряженных и нейтральных частиц, а также потоков микрометеоритов в околоземном космическом пространстве.

«Интеркосмос-17» относится к более совершенным космическим аппаратам — автоматическим универсальным орбитальным станциям (АУОС), позволяющим разместить на борту в 3—5 раз больше научной аппаратуры по сравнению с предыдущими спутниками серии «Интеркосмос» и имеющим более длительный период активного существования. Первая АУОС — спутник «Интеркосмос-15» — была запущена 19 июня 1976 г.; этот запуск носил технологический характер и предназначался для испытаний единой телеметрической системы.

Значительная часть экспериментов на «Интеркосмосе-17» является продолжением работ, успешно проведенных на спутниках «Интеркосмос-3 и-13», но сейчас круг изучаемых задач существенно рас-

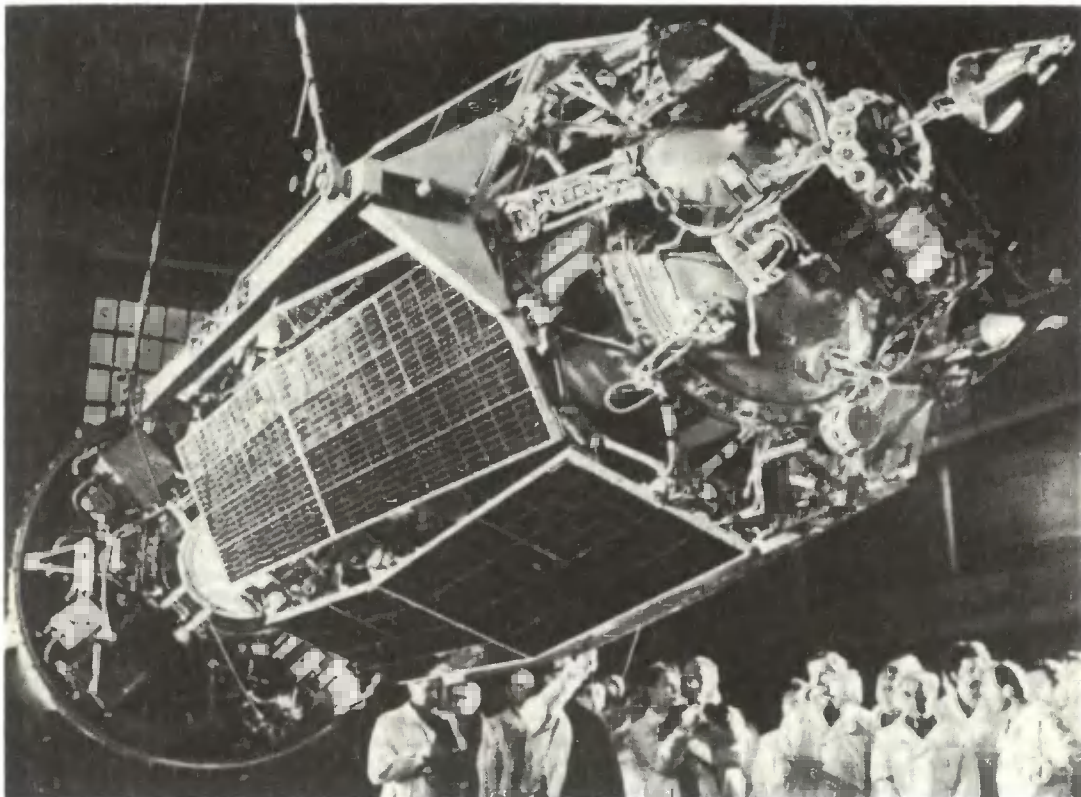
ширен и используется более совершенная научная аппаратура.

Для исследования космических лучей, а также изучения заряженных и нейтральных частиц в околоземном пространстве на спутнике «Интеркосмос-17» установлен комплект приборов, включающий: дифференциальный спектрометр протонов и электронов для измерений энергетического спектра этих частиц с энергиями в диапазоне 0,2—2,0 МэВ (прибор создан специалистами Научно-исследовательского института ядерной физики МГУ);

детектор протонов и электронов солнечных космических лучей малых энергий, позволяющий регистрировать электроны с энергиями в диапазоне 0,01—0,05 МэВ и протоны и ядра с энергиями в диапазоне 0,1—0,5 МэВ/нуклон (НИИЯФ МГУ);

прибор для измерения температуры ионосферных

Спутник «Интеркосмос-17».



электронов (Институт геофизики АН ЧССР и Институт космических исследований АН СССР); спектрометр электронов высоких энергий, позволяющий регистрировать поток и спектр электронов с энергиями в диапазоне 10^9 — $5 \cdot 10^{12}$ эВ (НИИЯФ МГУ и Институт атомной физики АН СРП);

прибор для измерения потоков нейтронов с энергиями меньше $2 \cdot 10^2$ эВ (Ленинградский физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе АН СССР и Словацкая АН ЧССР);

прибор для измерения изотопного состава солнечных космических лучей и ядер, захваченных в радиационных поясах Земли, с энергиями в диапазоне 3—30 МэВ/нуклон (Астрономический институт АН ЧССР и Карлов университет ЧССР).

Интересные исследования по изучению радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве проводятся с помощью аппаратуры, разработанной Институтом медико-биологических проблем Министерства здравоохранения СССР и Астрономическим институтом АН ЧССР. В состав этой аппаратуры входят электрический анализатор для регистрации протонов и электронов малых энергий (0,1—10 кэВ), два дозиметра для измерений величины поглощенной дозы ионизирующего излучения (диапазоны измерений 0,2—10 млрд/ч и 0—200 млрд/ч) и анализатор для измерений спектров заряженных частиц, проникающих через различные тканеэквивалентные материалы. Эти исследования имеют важнейшее значение для определения условий пребывания человека в космосе и обеспечения надежной защиты космонавтов при их работе в окрестностях Земли.

На «Интеркосмосе-17» установлен прибор для регистрации микрометеоритов, разработанный Астрономическим институтом АН ЧССР, Центральным институтом физических исследований АН ВНР и Институтом геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР. Прибор

позволяет измерять не только плотность и энергию частиц, что делалось и раньше, но и их скорость, а следовательно, определять массу микрометеоритов.

Наконец, на «Интеркосмосе-17» установлен лазерный отражатель, созданный в Астрономическом институте АН ЧССР и предназначенный для локации спутника в полете. Прибор позволяет с помощью наземных лазерных станций определять положение спутника с точностью около 1 м, что важно как для целей геодезии, так и для точного установления места зарегистрированных приборами спутника событий и явлений.

Запуск «Интеркосмоса-17» — начало нового этапа в развитии программы «Интеркосмос».

С. А. НИКИТИН
Москва.

Астрономия

Еще один молодой остаток сверхновой в нашей Галактике

В новейшем каталоге остатков галактических сверхновых, составленном английскими астрономами Д. Кларком и Д. Касуэлом в 1976 г., насчитывается 120 радиоисточников. Эти объекты различаются по своей радиояркости, т. е. по потоку радиоизлучения на определенной волне с угловой единицы видимой поверхности радиоисточника, приходящемуся на 1 см^2 антенны радиотелескопа. Установлено, что чем моложе остаток сверхновой, тем больше его радиояркость.

Хотя сверхновые в максимуме блеска достигают светимостей нормальных галактик (—17 и даже —21 абсолютной звездной величины), сильное поглощение света межзвездной пылью, находящейся в области Млечного Пути, мешает их обнаружению оптическими средствами. До сих пор самой молодой галактической сверхновой считалась Кассиопея А (по последним данным С. Ван ден Берга и К. Кампера¹),

поскольку ни в XVII в., ни в последующие века сверхновых не видели. Современные оптические инструменты и глобальная сеть астрономических обсерваторий гарантируют, что мы можем достаточно рано обнаружить вспышку сверхновой, происшедшую где-то примерно в половине объема нашей Галактики, доступного наблюдениям. Зато в радиодиапазоне мы можем «обшаривать» практически всю Галактику в поисках молодых остатков сверхновых, а судя по тому, что во всей Галактике вспышка сверхновой происходит один раз в 10—100 лет, Галактика «задолжала» району, находящемуся под нашим оптическим контролем, 3—4 вспышки.

По каталогу Кларка и Касуэла наиболее высокая радиояркость отмечена у Кассиопеи А и Тельца А (этому остатку соответствует оптический объект, называемый Крабовидный туманностью). Но оба эти объекта уникальны, выделяясь целым рядом особенностей, и поэтому их трудно сравнить с остальными остатками сверхновых. Значительную радиояркость имеют сверхновая Кеплера (вспышка 1604 г.) и сверхновая Браге (1572). Наше внимание в каталоге не мог не привлечь еще один радиоисточник, который по своей радиояркости превосходит сверхновые Кеплера и Браге и, стало быть, свидетельствует о существовании еще одного молодого остатка.

Этот источник расположен в созвездии Скорпиона, в 10° от центра Галактики, т. е. «по ту сторону» от нас. Расстояние до него оценивается в 17—18 кпс. Статистическим методом Кларк и Касуэл оценили возраст этого объекта в 260 лет, т. е. вспышка сверхновой в Скорпионе должна была произойти в начале XVIII в. Нам, однако, представляется, что это гораздо более молодой остаток сверхновой.

Следует отметить, что оценки возраста остатков

¹ «Astrophys. J. Supplement», 1976, v. 32, № 2, p. 351.

сверхновых непосредственно по их оптическим наблюдениям получают исходя из анализа движений их расширяющихся оболочек — по лучевым скоростям системы наблюдаемых волокон. Недавно появился новый метод, основанный на анализе рентгеновского излучения остатков. По сравнению с оптической спектроскопией волокон он дает значительно меньший возраст. Например, скорость расширения оболочки сверхновой в Лебеде (туманность Петля), определяемая по лучевым скоростям ее деталей, обычно составляла 120 км/с, в то время как полученная на основе анализа рентгеновского излучения температура внутри оболочки требовала втрое больших скоростей. И действительно, в 1976 г. американские спектрометристы Р. Киршнер и К. Тейлор обнаружили в Петле детали со скоростями до 270 км/с. Это означает, что максимальные скорости в оболочке могут достигать 300—400 км/с, что соответствует определению возраста по рентгеновскому излучению остатка. Тем самым подкрепляется уверенность в надежности оценок по этому методу.

Как видно из составленной нами таблицы, три остатка сверхновых — в созвездиях Скорпиона, Щита и Орла — имеют наиболее высокие зна-

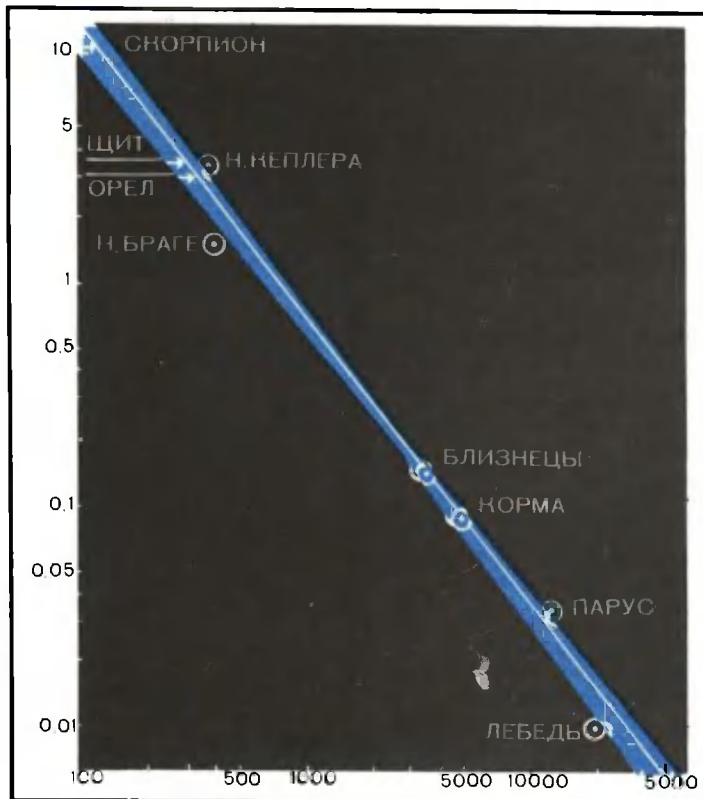


График зависимости между поверхностной радиояркостью (поток радиоизлучения, измеряемый в янских на квадратную минуту дуги) и возрастом остатка сверхновой при сравнительно небольшом разбросе оценок. В логарифмической шкале показаны: по оси ординат — радиояркость [поток радиоизлучения, измеряемый в янских на квадратную минуту дуги]; по оси абсцисс — возраст в годах.

Возраст остатков сверхновых

Созвездие	Название остатка сверхновой	Поверхностная радиояркость (на 408 МГц, в янских ¹ на квадратную минуту дуги)	Расстояние, кпс	Возраст остатка на 1975 г.		
				по скорости расширения системы наблюдаемых волокон	по температуре рентгеновского излучения остатка	по поверхностной радиояркости остатка
Змееносец	Новая Кеплера (1604)	3,22	10	—	—	—
Кассиопея	Новая Браге (1572)	1,47	6	—	—	—
Близнецы	IC 443	0,144	2	60 000	3 400	—
Корма	Корма А	0,090	2,5	50 000	5 000	—
Парус	Парус Х	0,035	0,5	22 000	13 000	—
Лебедь	Петля	0,010	0,77	70 000	20 000	—
Скорпион	—	10,7	18	—	—	120 ± 25
Щит	Костевен 75	3,39	6,6	—	—	390 ± 60
Орел	49В	3,00	12	—	—	470 ± 70

¹ 1 янский равен 10⁻²⁶ Вт/м² Гц.

чения радиояркости. Построив график зависимости между радиояркостью и возрастом остатка (со сравнительно небольшим разбросом оценок), можно определить их возраст. Оказывается, что остаток в Скорпионе должен иметь возраст примерно 120 лет, и вспышка сверхновой в этом созвездии относится, таким образом, к середине XIX в.

Не исключено, что среди слабо изученных галактических радиосточников малых угловых размеров найдутся и более молодые остатки, а кажущийся «дефицит» сверхновых в нашей Галактике вовсе не такой острый.

Ю. П. Псковский

Доктор
физико-математических наук
Москва

Планетология

Новый взгляд на природу земного магнетизма

За 20 лет, истекших после запуска первого искусственного спутника Земли, советские и американские специалисты с помощью космических аппаратов выполнили прямые измерения магнитных полей Луны и всех планет от Меркурия до Юпитера. В Советском Союзе исследованием магнитных полей планет успешно занимается группа сотрудников ИЗМИРАНа во главе с Ш. Ш. Долгиновым. Полученные этой группой уникальные данные о магнитных полях Земли, Луны, Марса и Венеры в комбинации с результатами американских магнитных измерений вблизи Юпитера и Меркурия позволили Долгинову по-новому взглянуть на природу земного магнетизма¹.

В последние 30 лет в значительной степени утвердилось представление о том, что магнитное поле Земли связано с действием в ее жидком ядре,

где вещество имеет высокую электрическую проводимость, некоторого динамо-механизма. Утверждению этой гипотезы способствовали как накапливающиеся экспериментальные данные (в частности, данные о многократных инверсиях знака геомагнитного поля в прошлом), так и теоретические исследования, доказавшие принципиальную возможность динамо-процесса в ядре Земли. Был построен ряд математических динамо-моделей, объяснявших главные особенности геомагнитного поля: в основном дипольный характер поля (с небольшими добавками, которые получили названия квадрупольного, октупольного и т. д. полей), близость (но не совпадение) оси диполя к оси вращения Земли, инверсии знака поля и др.

Тем не менее до настоящего времени не созданы физические модели динамо-процессов, учитывающие реальные условия и силы, действующие в ядре, не преодолены математические трудности, связанные с решением полных уравнений гидродинамики. Но главное — среди специалистов до сих пор нет единого мнения об источнике энергии, приводящем в движение земную динамо-машину.

Широкое распространение (хотя и не всеобщее признание) получила гипотеза о наличии в ядре Земли радиоактивных элементов, распад которых сопровождается выделением тепла. Неизбежная неоднородность в распределении источников тепла вызывает конвекцию (перемешивание вещества) в жидком ядре, которая в конечном счете и является «движущей силой» земного динамо. Однако гипотеза тепловой конвекции столкнулась с некоторыми трудностями.

Часто в качестве источника энергии динамо рассматривают силы инерции, связанные с прецессией Земли, т. е. с медленным поворотом в пространстве земной оси под действием возмущающих гравитационных полей Солнца и планет. Скорость прецессии

где G — гравитационная постоянная, M и g — масса возмущающего тела и расстояние до него, ω и α — угловая скорость вращения планеты и угол между осью вращения и нормалью к плоскости орбиты, f — так называемое динамическое сжатие планеты. Примечательно, что Ω зависит не от размеров (радиуса R_D) и массы планеты, а только от величины f . Ядро Земли и ее мантия сжимаются по-разному, поэтому и прецессируют они с разными скоростями: жидкое ядро следует за прецессирующей мантией. Сила инерции, связанная с прецессией (сила Пуанкаре), не уравновешивается градиентом давления и вызывает конвекцию в ядре. Однако и гипотеза прецессионного динамо не лишена трудностей.

Для их преодоления Долгинов предположил, что отношения силы Пуанкаре к другим силам, действующим в ядре, должны быть модельно подобны во всех планетах. При этом их магнитные поля следует сравнивать с геомагнитным полем не на поверхности планет, а на границе ядро — мантия. Для таких предположений имеются серьезные основания.

Прежде всего Долгинов обратил внимание на удивительное подобие магнитных полей Земли и Юпитера, причем не только главных дипольных составляющих, но и других (добавочных) компонентов. Диполи обеих планет примерно одинаково наклонены к осям вращения и одинаково (в долях радиуса) смещены относительно центров планет. Марс и Меркурий имеют диполи, оси которых так же наклонены к осям вращения. Не будет большой неожиданностью, если дальнейшие эксперименты установят, что диполи Меркурия и Марса также смещены относительно центров планет. Долгинов вычислил, что квадрупольное поле Юпитера составляет примерно 21% от дипольного, а октупольное ~14%. Если учесть громадное различие в размерах Юпитера и Земли, не может не поразить близость этих отношений к соответствующим характери-

¹ «Геомагнетизм и аэрономия», 1977, т. 17, № 4, с. 569.

$$\Omega = 3GfM \cos \alpha; 2\omega^3,$$

кам геомагнитного поля (19% и 9% соответственно).

Далее учитывается, что при значительном отличии в химическом составе планет земной группы и планет-гигантов, в частности Юпитера, их физические, точнее электрические, модели вполне подобны. Более того, при рассмотрении динамо-процесса деление планет на быстро и медленно вращающиеся оказывается мало обоснованным. Все планеты Солнечной системы вращаются быстро по сравнению с временем диффузии (постепенного медленного проникновения) магнитного поля в вещество проводящего ядра планеты.

Исходя из предположения о физическом подобии планет, Долгинов получил формулу для вычисления отношения напряженностей магнитных полей на границе ядер i -той планеты и Земли. Примечательно, что в эту формулу входят основные характеристики вращения планет ω , α , Ω , а также отношения

$$R_{\text{П}}/R_{\text{Я}} \quad (R_{\text{Я}} \text{ — радиус ядра}).$$

Сравнение результатов расчетов Долгинова с данными измерений показывает оправданность такого подхода.

Более того, формула Долгинова позволила уточнить или предсказать некоторые параметры Меркурия и Венеры, плохо известные ранее. Например, в предположении, что ось вращения Меркурия составляет $\sim 3^\circ$ относительно нормали к плоскости его орбиты, была предсказана величина динамического сжатия планеты: $f = 8,26 \cdot 10^{-5} - 1,7 \cdot 10^{-4}$. Анализ фотографий Меркурия, полученных с борта «Маринера-10», показал, что наиболее вероятное значение $\alpha = 1,2^\circ - 2,5^\circ$, а величина $f = 7 \cdot 10^{-5} - (1,2 \pm 0,9) \cdot 10^{-4}$. Величина динамического сжатия, предсказанная для Венеры $(5-8) \cdot 10^{-6}$, оказалась в согласии с результатами, полученными из траекторных измерений спутников «Венера-9» и «Венера-10».

Таким образом, в рамках модели прецессионного динамо удаётся понять не только известные свойства магнитных

полей планет, но и предсказать их новые, неизвестные характеристики.

Л. И. Мирошниченко

Кандидат
физико-математических наук
Москва.

Физика

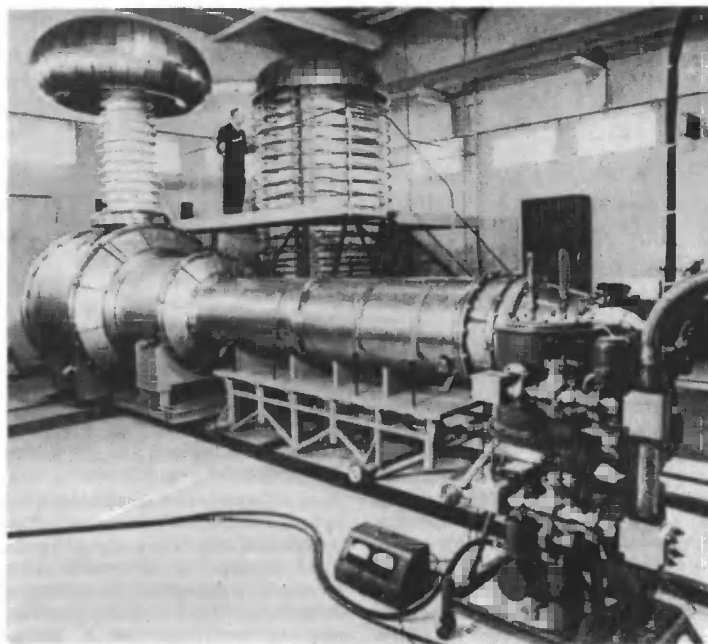
Исследования по электронному термояду в ИАЭ

В Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова (ИАЭ) ведутся работы по применению сильноточных пучков релятивистских электронов для осуществления импульсной термоядерной реакции. Исследования были начаты в 1968 г. по инициативе Е. К. Завойского. Для получения интенсивной реакции необходимо сжать дейтерий-тритиевую (ДТ) смесь в 1000 раз и нагреть ее до температуры выше 50 млн градусов. Это можно сделать методом так называемой сжимаю-

щейся оболочки. Существует предельная скорость оболочки, при которой потери энергии из сжимаемой ДТ-смеси малы по сравнению с работой сжатия. Эта скорость составляет 200 км/с. Наиболее прямой способ достижения такой величины — испарение вещества с поверхности оболочки, когда за счет силы отдачи внутренние части оболочки ускоряются.

Для поджига импульсной термоядерной реакции поверхность мишени облучается электронным пучком и нагревается до температуры более миллиона градусов. Наиболее оптимальным материалом внешних нагреваемых слоев оболочки являются вещества с малым атомным весом. Численные расчеты и простые оценки показывают, что в процессе испарения можно достичь необходимых скоростей, если плотность мощности электронного пучка на поверхности мишени превышает 10^{13} Вт/см². Сегодня в ИАЭ уже достигнуто это пороговое значение мощности и удалось разогнать оболочку до 150 км/с. Эти параметры были получены на установках «Тритон» и «Ангара-1».

Общий вид установки «Ангара-1».



Крупнейшая установка «Ангара-1» работает в ИАЭ с 1974 г. Ее быстрая конденсаторная батарея состоит из 20 последовательно соединенных ступеней, каждая из которых в расчетном режиме заряжается до 100 кВт. В результате создается напряжение 2 МВ, которое передается на накопитель, представляющий собой коаксиальный водяной конденсатор, в котором в качестве диэлектрика используется очищенная деионизованная вода. Время зарядки накопителя составляет 1,5 мкс. С помощью специально разработанных разрядников энергия первой ступени поступает на коаксиальную линию, формирующую импульсы, а затем по линии, трансформирующей напряжение, с фронтом в 30 нс и суммарной длительностью 80 нс — на вакуумный зазор катод — анод (диод) установки, где превращается в энергию потока электронов. Мощность, переносимая электронами, составляет $2,5 \cdot 10^{11}$ Вт, т. е. сравнима с мощностью всех электростанций СССР.

Как уже отмечалось, в простейшем случае поверхность мишени должна равномерно со всех сторон облучаться электронным пучком. Главная трудность при этом — большая длина пробега жестких электронов в веществе. Так, в твердом водороде пробег электрона с энергией 2 МэВ составляет 5 см, а в тяжелом веществе, например в золоте, — 500 мкм. Для нагрева такого количества вещества требуется слишком много энергии. В нашем институте группой В. П. Смирнова впервые был экспериментально изучен эффект уменьшения глубины проникновения электронов в вещество. Этот эффект связан с наличием сильного магнитного поля в пучке.

Поток электронов, который получается в диоде, представляет собой совокупность параллельных токов и имеет тенденцию стягиваться, причем простейшие оценки показывают, что как только ток начинает превышать значение так называемого альвеновского тока — $10^4 E \cdot A$ (E — энергия электронов в МэВ), самостоя-

тельное становится сильным. В диоде, тем не менее, электрическое поле «протаскивает» электронный пучок через вакуумный зазор. Для увеличения тока были разработаны специальные конструкции диодов. Эффект магнитного поля особенно сильно сказывается, когда пучок, пройдя зазор катод — анод, углубляется в анодную плазму. В экспериментах на «Тритоне» и «Ангаре-1» анодная плазма создавалась при тепловом взрыве фольги толщиной 5—20 мкм. В анодной плазме пучок движется в отсутствие электрического поля, оно экранируется электрическими зарядами плазмы на очень малых расстояниях, а магнитное поле углубляется в анодную плазму на несколько миллиметров, так как эта плазма имеет конечную проводимость. В результате траектории электронов пучка существенно изменяются: электроны вращаются вокруг силовых линий, слегка дрейфуя по направлению тока. Поэтому реальный путь, пройденный электронами в анодной плазме, оказывается существенно длиннее пути одиночного электрона во столько раз, во сколько значение удвоенного тока пучка больше альвеновского тока.

Релятивистские пучки электронов хорошо разогревают тяжелые оболочки. Однако рабочим телом, ускоряющим оболочку мишени, должно быть легкое вещество. Выход из этого противоречия был найден: необходимо иметь несколько оболочек. Принцип работы многооболочечной мишени состоит в том, что энергия поглощается во внешней тяжелой оболочке, а затем передается за счет теплопроводности на внутреннюю оболочку из легкого вещества, которая и разгоняется до необходимых скоростей. Эта схема была численно исследована в 1975—1976 гг. в Институте прикладной математики АН СССР.

Первый эксперимент с двухоболочечной мишенью был проведен сначала в группе В. П. Смирнова на малой установке «Тритон» с энергией в пучке до 2—3 кДж, а затем под руководством М. В. Бабы-

кина на установке «Ангара-1» при больших значениях энергии пучка. Так как на «Тритоне» имелся только один электронный пучок, то для удобства облучения, а также для увеличения плотности энерговыклада эксперимент проводился не на сферической мишени, а на конусообразной. Чтобы предотвратить боковой разлет, стенки конуса изготовили из тяжелого вещества — свинца. Внешняя оболочка представляла собой золотую или платиновую фольгу толщиной 5 мкм; внутренняя была сделана из полиэтилена толщиной 10 мкм. Внутри находился дейтериевый газ под давлением 0,1 атм. Прямые измерения показали, что полиэтиленовая фольга разгонялась до скоростей $8 \cdot 10^6$ см/с и жила мало дефигурирована в 1000 раз, причем было зарегистрировано $3 \cdot 10^6$ нейтронов за импульс, что, согласно расчету, соответствовало температуре в конечный момент сжатия $\sim 10^7$ К.

На установке «Ангара-1» пучок электронов с энергией 2 МэВ и током 330 кА был сфокусирован до 2 мм; поток мощности составлял 10^{13} Вт/см². Золотая фольга толщиной 20 мкм нагревалась до температуры примерно 70 эВ, энерговыклад доходил до 20 кэВ/атом вещества или 10^7 Дж/г, а скорость полиэтиленовой фольги в результате теплопередачи от тяжелой оболочки к легкой достигала 150 км/с. Таким образом, мы практически уже подошли к удельным параметрам, требуемым для создания импульсной термоядерной реакции.

Если в описанных экспериментах внешняя оболочка мишени являлась анодом, то в будущих системах накопители энергии должны располагаться вне взрывной камеры. В сильноточном диоде траектории частиц пучка чрезвычайно сложны, и после анодной фольги получается поток электронов с большой поперечной составляющей. Поэтому нельзя рассчитывать, что такой пучок удастся сфокусировать до геометрических размеров мишени. Но можно трансформировать и сфокусировать не пучок, а электромагнитную энергию. Для ре-

шения этой задачи большое значение имеет эффект магнитной самоизоляции вакуумных передающих линий, недавно экспериментально исследованный в ИАЭ и в США, в лаборатории «Физикс Интернейшнл». Обычно вакуумные линии способны передавать при длительности импульсов 50—100 нс электрический импульс до 100 кВ/см. Пробой линии связан с тем, что электроны, вырываемые с катода, попадают на анод и создают там плазму, замыкающую вакуумный промежуток. Оказывается, существует порог мощности, начиная с которого работа линии существенно улучшается. Если ток, текущий по линии, превышает ток, близкий по величине к альвеновскому, то электроны прижимаются к катоду собственным магнитным полем, в результате повышается электропроводность линии. В экспериментах с эффективностью 80% удается передавать по вакуумной линии длиной до 5 м электрические импульсы с полем до 3 МВ/см.

Успехи в строительстве, и эксплуатации крупных экспериментальных установок с сильноточными пучками релятивистских электронов и в изучении физики фокусировки, транспортировки и взаимодействия пучков с оболочечными мишенями, численное исследование динамики мишени дают основания надеяться на существенный прогресс в этом способе получения импульсной термоядерной реакции. В нашей стране разрабатывается проект многомодульной установки «Ангара-5» с суммарной энергией в пучках 5 МДж, достаточной для получения термоядерного микровзрыва с энерговыделением до 100 МДж. Проектные работы ведет НИИ электрофизической аппаратуры им. Д. В. Ефремова.

Изложенные выше исследования основываются на результатах работ ряда институтов нашей страны: Института ядерной физики СО АН СССР, Института сильноточной электроники СО АН СССР, Физического института им. П. Н. Лебе-

дева АН СССР, Харьковского физико-технического института АН УССР, Сухумского физико-технического института, Томского института ядерной физики, Научно-исследовательского института электрофизической аппаратуры им. Д. В. Ефремова.

Л. И. Рудаков
Доктор
физико-математических наук
Москва.

Физика

Солнечные вспышки в лаборатории

Вспышки на Солнце — величественное и во многом еще не разгаданное явление природы. Они внезапно возникают в так называемых активных областях на Солнце (областях усиленного магнитного поля, как правило, содержащих солнечные пятна) и создают мощные потоки излучения. Это излучение заключено не только в оптическом диапазоне, но также и в радио-, рентгеновском и даже гамма-диапазонах электромагнитного спектра. Более того, при вспышках возникает также мощное корпускулярное излучение: ускоренные до больших энергий электроны, протоны и ядра тяжелых элементов вплоть до группы железа, а возможно, и более тяжелых. Это излучение и выбрасываемая из области вспышки высокоскоростная плазма оказывают большое влияние не только на атмосферу Солнца, но и на состояние межпланетного пространства и атмосферы Земли и планет.

С практической точки зрения, особенно важно влияние вспышек на состояние земной ионосферы; от этого зависит распространение радиоволн и, соответственно, радиосвязь, радионавигация и т. д. В последние десятилетия серьезное внимание уделяется исследованию ионизирующего корпускулярного излучения вспышек, так как оно может создавать опасность для космических полетов. Кроме того, имеются данные об их влиянии на погоду и, прямо или косвенно, на

биосферу. Как видно, существует много оснований для тщательного изучения природы и механизма этого явления.

В настоящее время большинство специалистов склоняется в пользу представления об электромагнитной природе

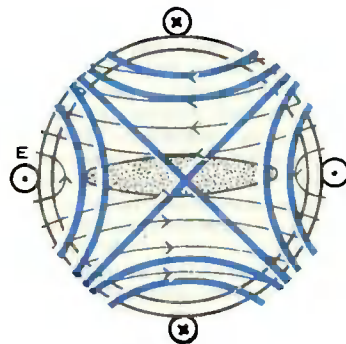


Схема лабораторной установки по исследованию токового слоя в плазме. Цветные линии — магнитные силовые линии внешних токов до возникновения токового слоя. Сплошные линии со стрелками — магнитные силовые линии после образования токового слоя [показан пунктиром в центре].

вспышек. Основанием для этого служит прямая связь между вспышками и областями усиленного магнитного поля. Вместе с тем, пока еще нет единого мнения относительно конкретного механизма превращения магнитной энергии в наблюдаемое излучение.

Согласно представлению, развиваемым в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР, вспышки возникают в результате внезапного разрушения (разрыва) токовых слоев в плазме солнечной короны. Такие слои образуются в результате изменений магнитного поля, например при появлении в атмосфере Солнца новых полей, возникающих в конвективной зоне. Если такое поле появляется в области, где до этого существовало «старое» магнитное поле, то из-за очень высокой проводимости коро-

нальной плазмы новое поле не может непосредственно слиться со старым, а будет отделено от него тонкой «корочкой», в которой происходит переход от нового поля к старому. Такая корочка и представляет собой токовый слой, возникающий на границе независимых областей магнитных полей и отделяющий их друг от друга.

Токовый слой очень тонкий (его толщина может составлять всего лишь десятки сантиметров), и по нему протекает очень большой электрический ток — перед сильными вспышками сила тока достигает сотен миллиардов ампер. Именно с этим током связана та избыточная магнитная энергия, которая высвобождается при вспышках.

Для проверки этих представлений в лаборатории физики плазмы ФИАН группой, руководимой А. Г. Франк, была создана установка ТС-3, в которой токовый слой создавался в гиперболическом магнитном поле в окрестности магнитной нулевой линии¹. Установка состояла из заполненной плазмой цилиндрической стеклянной камеры, вдоль которой с внешней стороны симметрично располагались четыре проводника с чередующимися по направлению токами. Такие токи создавали магнитное поле, равное нулю на оси камеры (так называемая нулевая линия) и имеющее гиперболические силовые линии вблизи центра.

Как следует из теории, при включении продольного электрического поля на нулевой линии должен возникнуть электрический ток, который принимает форму тонкого слоя, расположенного в плоскости тех проводников, направление тока в которых совпадает с направлением приложенного электрического поля. Такой слой действительно был получен в эксперименте, и он стабильно существовал до тех пор, пока поддерживалось электрическое поле. Таким образом, была эксперименталь-

но подтверждена возможность создания в плазме устойчивой магнитной конфигурации с токовым слоем, в которой запасена значительная магнитная энергия. В центральной части камеры эта энергия в десятки раз превышала энергию первоначального магнитного поля.

В последующей серии экспериментов в результате увеличения скорости движения плазмы к слою был осуществлен режим, при котором в слое происходит внезапный разрыв — в некоторой точке слоя, обычно в его центре, появляется сильное поперечное магнитное поле². Это говорит о быстром слиянии магнитных полей, разделенных токовым слоем, или, как говорят, о пересоединении их магнитных силовых линий. Разрыв расширяется по слою в обе стороны, причем одновременно в центре камеры (в середине разрыва) начинает появляться новый ток и развиваться новый слой. Эти наблюдения свидетельствуют в пользу теоретических представлений об устойчивости токового слоя в результате его «самозалечивания». Именно при разрыве токового слоя в области разрыва должна появиться нулевая линия. Однако, как и при первоначальном возникновении слоя, в присутствии электрического поля на нулевой линии должен возникнуть токовый слой. Таким образом, реально разрыв слоя может произойти лишь в том случае, если плотность плазмы вблизи слоя слишком мала, чтобы образовать новый слой. Именно о такой зависимости от плотности плазмы и свидетельствуют наблюдения.

Все сказанное еще не позволяет утверждать, что наблюдаемое уведение токового слоя аналогично тому, что происходит во время вспышки на Солнце. Однако в эксперименте был обнаружен еще один интересный факт: в момент разрыва токового слоя появлялось мощное рентгеновское излучение. Это излучение связано с присутствием ускоренных

электронов и служит веским доказательством того, что осуществленный в лаборатории процесс имеет все характерные черты вспышек на Солнце: в течение длительного времени происходит концентрация избыточной магнитной энергии, которая затем быстро высвобождается, эффективно преобразуясь в энергию ускоренных частиц и излучение.

Есть все основания надеяться, что дальнейшее изучение лабораторных токовых слоев позволит ответить на многие еще нерешенные вопросы теории солнечных вспышек.

С. И. Сыроватский

Доктор
физико-математических наук
Москва

Физика

Запущен импульсный реактор на быстрых нейтронах ИБР-2

В Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне произведен пуск реактора ИБР-2. Ядерный исследовательский реактор ИБР-2 представляет собой импульсный реактор периодического действия на быстрых нейтронах. В импульсных реакторах по сравнению со стационарными можно достичь более высоких мгновенных потоков нейтронов, что в сочетании с периодичностью и низким фоном в перерывах между импульсами является решающим при постановке целого ряда экспериментов. В стационарных реакторах мощностью 50—100 МВт из-за трудности отвода тепла от тепловыделяющих элементов и быстрого выгорания топлива потоки медленных нейтронов ограничены значениями $\sim 10^{15}$ нейтронов $\cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Реактор ИБР-2 со средней тепловой мощностью только в 4 МВт позволяет перешагнуть этот порог и достигнуть мгновенной плотности медленных нейтронов в импульсе порядка 10^{16} нейтронов $\cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ при частоте импуль-

¹ «Физика плазмы», 1977, т. 3, с. 45.

² «Физика плазмы», 1977, т. 3, с. 538.

сов 5 с^{-1} и длительности ~ 90 мкс.

Физическая теория реакторов типа ИБР была впервые разработана сотрудниками Физико-энергетического института (Обнинск). Первый реактор из серии ИБР был введен в действие в Дубне в 1960 г. Непосредственный предшественник ИБР-2 реактор ИБР-30 работает там же, его мощность 25 кВт. Идея импульсного реактора типа ИБР заключается в переводе стационарного реактора периодически, на короткое время, в надкритическое состояние, во время которого развивается цепная реакция деления ядер урана или плутония. Ядерным топливом в активной зоне реактора ИБР-2 является окись плутония. Общий вес ядерного топлива составляет 100 кг PuO_2 ; объем активной зоны — 22 л. Отражатель нейтронов, выходящих из активной зоны, изготовлен из вольфрама, стали и частично бериллия. Импульсность создается за счет движения части отражателя. Для отвода тепла применено интенсивное охлаждение металлическим натрием.

В реакторе ИБР-2 предусмотрен также бустерный режим работы, при котором реактор служит ускорителем нейтронных импульсов, генерируемых в нейтронопроводящей мишени мощного электронного ускорителя. Этот режим сокращает длительность нейтронного импульса в 30—50 раз, сохраняя полный выход нейтронов на уровне 10^{16} нейтронов $\cdot \text{с}^{-1}$, что на два порядка превосходит полный выход нейтронов на современных ускорителях. Работа с короткими вспышками наиболее выгодна в экспериментах с резонансными нейтронами. Таким образом, в обоих режимах работы параметры ИБР-2 по нейтронным потокам являются рекордными для импульсных, периодического действия нейтронных источников с достаточно высокой средней мощностью.

Реактор ИБР-2 в основном предназначен для проведения исследований по взаимодействию нейтронов с атомными ядрами, твердыми телами и жидкостями. При планировании на нем экспериментов был использован многолет-

ний опыт работы на предыдущем реакторе, ИБР-30, а также новые замыслы как сотрудников Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, так и физиков социалистических стран. В намечаемых экспериментах предполагается использовать нейтроны всего диапазона энергий, встречающихся в активной зоне реактора и в замедлителях, т. е. от 10^{-7} до 10^7 эВ. При этом многие из экспериментальных установок, располагающиеся на пути 14 нейтронных пучков, не менее уникальны, чем сам реактор. Вот некоторые из намеченных направлений исследований: изучение ультрахолодных нейтронов, имеющих энергию порядка 10^{-7} эВ; изучение нейтронных резонансов и механизма взаимодействия нейтронов с ядрами, в том числе поляризованных нейтронов с поляризованными ядрами; исследование альфа-распада высоковозбужденных состояний ядер; изучение структуры и динамики твердых тел и жидкостей методами дифракции нейтронов и неупругого рассеяния нейтронов; работы по нейтронно-активационному анализу состава веществ; применение пучков быстрых нейтронов для диагностики злокачественных опухолей.

«Приборы и техника эксперимента», 1977, № 5, с. 17—35.

Физика

Открытие тяжелого лептона

Физика элементарных частиц переживает необычайно бурный период развития, начавшийся с открытия J/ψ -мезона в ноябре 1974 г.¹ Особенно богатым на события было лето 1977 г., когда почти одновременно появились сообще-

ния о первых наблюдениях странных очарованных F-мезонов, об открытии тяжелых узких мезонов с массой в районе 9,5—10 ГэВ и о результатах нейтринных экспериментов на ускорителе в ЦЕРНе. К этому же моменту были получены убедительные доказательства существования тяжелого заряженного τ -лептона с массой $1,9 \pm 0,1$ ГэВ (название τ -лептон происходит от греч. τριτόν — третий; до сих пор были известны два заряженных лептона — электрон с массой 0,5 МэВ и мюон с массой 105 МэВ).

Первые указания на существование тяжелого лептона были получены еще в 1975 г. группой американских физиков-экспериментаторов (Стэнфордский ускорительный центр и Берклиевская радиационная лаборатория им. Лоуренса). В течение двух лет эта и еще несколько экспериментальных групп в Стэнфорде и в ДЕЗИ пытались доказать, что зарегистрированные объекты действительно являются тяжелыми лептонами. Основная трудность состояла в том, что из-за малого времени жизни тяжелого лептона (по оценкам, оно не должно превышать 10^{-13} с) непосредственно наблюдать треки от него на существующих установках невозможно и о факте существования тяжелого лептона можно судить лишь по косвенным данным — по продуктам его распада.

Лептоны не участвуют в сильных взаимодействиях, для них наиболее характерны реакции взаимного превращения за счет слабых взаимодействий, в частности реакции распада типа

$$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu.$$

По аналогии с этим распадом с заметной вероятностью должен происходить также лептонный распад τ :

$$\tau^\pm \rightarrow e^\pm + \nu + \bar{\nu}$$

$$\text{и } \tau^\pm \rightarrow \mu^\pm + \nu + \bar{\nu}.$$

Пары тяжелых лептонов могут рождаться на встречных электрон-позитронных кольцах:

$$e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-.$$

¹ Окунь Л. Б. Тяжелые мезоны. — «Природа», 1976, № 8; Лауреаты Нобелевской премии 1976 г. по физике — С. Тинг, Б. Рихтер. — «Природа», 1977, № 1, с. 133.

В дальнейшем τ быстро распадается с испусканием электрона или мюона. Поскольку нейтрино, возникшие при распаде тяжелого лептона, практически не взаимодействуют с веществом, то в конечном состоянии будут наблюдаться только (e^-) , (μ^-) и (μ^-) -пары. Однако пары (e^-) и (μ^-) возникают также и в результате электромагнитных взаимодействий, поэтому наиболее характерным проявлением τ -лептона является рождение аномальных (μe) -пар:

$$e^+e^- \rightarrow e^\pm + \mu^\mp.$$

Именно такие события впервые наблюдались группой М. Перла в 1975 г. (К сегодняшнему дню удалось зарегистрировать 190 (μe) -пар.) Изучение распределений по импульсу аномальных электронов и мюонов, а также зависимости этих распределений от входной энергии показало, что e и μ возникают при трехчастичных распадах некоторых объектов с массой порядка 2 ГэВ. В то время они были обозначены буквой U (от первой буквы английского слова unknown — неизвестный). Однако было ясно, что тяжелые лептоны заведомо не могли быть единственным источником аномальных (μe) -пар. Действительно, при аннигиляции электрон-позитронной пары могут рождаться очарованные D -мезоны², масса которых близка к 2 ГэВ и которые в результате слабых взаимодействий также могут распадаться с испусканием e или μ :

$$D^\pm \rightarrow e^\pm + \nu + \text{адроны},$$

$$D^\pm \rightarrow \mu^\pm + \nu + \text{адроны}.$$

Характерное отличие (μe) -пар, возникающих при распаде очарованных мезонов, состоит в том, что они сопровождаются большим числом адронов и поэтому имеют в среднем меньшую энергию (т. е. обладают более мягким спектром), чем пары, рожден-

ные от тяжелых лептонов. Однако если заряженные адроны регистрируются легко и надежно, то отличить экспериментально состояние (μe) от состояний

(μe) +нейтральные адроны значительно сложнее. Усилия физиков-экспериментаторов в течение последних двух лет были, в частности, направлены на то, чтобы с максимальной надежностью отделить (μe) -пары с адронным сопровождением от чистых (μe) -пар. К лету 1977 г. две группы физиков в ДЕЗИ (на установках PLUTO и DASP) и одна в Стэнфорде набрали достаточно высокую статистику по (μe) -парам при чрезвычайно низком фоне. В настоящее время существование аномальных (μe) -пар не вызывает сомнений.

Другая группа экспериментов по поиску тяжелых лептонов основывалась на наблюдении так называемых двухзарядных событий. Дело в том, что при массе в районе 2 ГэВ тяжелый лептон должен в основном распадаться с образованием одной заряженной частицы в конечном состоянии (при массе τ -лептона 1,9 ГэВ это происходит в 85% случаев). Поэтому рождение τ -лептонов должно проявляться в большой доли двухзарядных событий:

$$e^+e^- \rightarrow \mu^\pm + h^\mp + \text{нейтральные частицы},$$

$$e^+e^- \rightarrow e^\pm + h^\mp + \text{нейтральные частицы},$$

с жестким спектром энергии мюонов и электронов (h^\pm — заряженный адрон).

Впервые такие события наблюдались в 1976 г. объединенной группой американских физиков Мэриленд-Принстон-Павия, а затем подробно исследовались группой Стэнфорд-Беркли. Эксперименты европейских физиков в ДЕЗИ придали дальнейшим событиям драматическую окраску, так как ее данные противоречили результатам экспериментов американских физиков: в ДЕЗИ наблюдались электроны только с мягким спектром и

большим сопровождением K -мезонов, что указывало на происхождение электронов от очарованных частиц. Однако к лету 1977 г. страсти улеглись, поскольку обе группы в ДЕЗИ (PLUTO и DASP) нашли аномальные электроны и мюоны от тяжелых лептонов и в дальнейшем аккуратно измерили относительные вероятности рождения определенных типов адронов.

Результаты этих двух групп экспериментов позволили определить некоторые параметры τ -лептона. Из анализа спектра аномальных электронов и мюонов получено, что масса τ равна $\sim 1,9 \pm 0,1$ ГэВ, а масса соответствующего ему нейтрино (если оно имеется) не превышает 0,5 ГэВ. Из сравнения сечений рождения различных типов адронов в двухзарядных событиях найдены относительные вероятности распада τ по различным каналам. Полученные таким образом числа оказались в очень хорошем согласии с предсказаниями теории слабых взаимодействий.

Не решен еще до конца вопрос, следует ли вновь найденному лептону приписывать новое квантовое число или он есть возбужденное состояние электрона. Все имеющиеся сейчас факты говорят в пользу того, что τ -лептон, так же как электрон и мюон, обладает соответствующим ему нейтрино и несет собственный сохраняющий лептонный заряд

Таким образом, теоретики поставлены перед фактом существования нового лептона. Хотя возможные свойства тяжелых лептонов обсуждались на протяжении нескольких лет, необходимость введения в систему мира еще одного лептона никем не ощущалась. (Это, впрочем, справедливо и для мюона.) Существует, правда, идея о симметрии между лептонами и кварками. Однако никакого конструктивного воплощения она до сих пор не получила³. Если, однако,

² Об открытии D -мезонов см.: «Природа», 1977, № 2.

³ Следует отметить, что в рамках некоторых калибровочных моделей слабых и электромагнитных

эта симметрия существует, то открытие тяжелого лептона означает, что должны существовать также дополнительные кварки, более тяжелые, чем очарованный с-кварк. Весьма вероятно, что недавно открытые тяжелые мезоны $\Upsilon(9,4 \text{ ГэВ})$ и $\Upsilon(10 \text{ ГэВ})$ построены как раз из этих кварков.

В. А. Новиков
Кандидат физико-математических наук
Москва

Молекулярная биология

Новый тип локализации генов

Молекулярная природа многих генетических явлений остается до сих пор неясной, так как выделение уникальных участков ДНК из огромного набора последовательностей генома традиционными биохимическими методами — практически почти неразрешимая задача. Новые, совершенно неожиданные возможности для изучения структуры генома высших организмов открывают недавно начавшие развиваться¹ методы геной инженерии. С помощью такого подхода в принципе можно получить в достаточных для исследования количествах любой фрагмент ДНК¹.

В Институте молекулярной биологии АН СССР, в лаборатории Г. П. Георгиева, с целью изучения структурной организации генов и прилегающих к ним участков ДНК были начаты эксперименты по клонированию ДНК дрозофилы (как

известно, из всех высших организмов дрозофила наиболее изучена в генетическом отношении). Работу вели по так называемому методу дробовика, заключающемуся в том, что всю ДНК, без какого-либо предварительного обогащения, нарезают на фрагменты, которые затем встраивают в векторные молекулы (ДНК плазмиды или фага). Если размножить эти рекомбинантные ДНК в клетках кишечной палочки, можно получить клоны, каждый из которых будет содержать индивидуальный фрагмент животной ДНК. Отбор клонов с интересующими исследователя фрагментами ДНК ведется на последующем этапе.

В нашей работе мы использовали для нарезания ДНК дрозофилы фермент рестриктазу Eco R1, который специфически расщепляет хромосомную ДНК по определенным нуклеотидным последовательностям в среднем через каждые 3 тыс. пар нуклеотидов, а для соединения этих фрагментов ДНК с ДНК фага применили другой фермент — ДНК-лигазу. Поскольку нас интересовали лишь клоны, содержащие структурные гены, которые активно работают в культуре клеток дрозофилы, отбор клонированных ДНК вели методом молекулярной гибридизации, используя радиоактивную информационную РНК (иРНК), выделенную из культуры клеток дрозофилы. Этот метод основан на свойстве комплементарных последовательностей ДНК и РНК образовывать при высокой температуре гибриды, причем образование таких гибридов легко тестируется в опыте. Используя этот подход, мы отобрали из 300 исследованных клонов несколько, хорошо гибридизующихся с радиоактивной иРНК. Три из них, обозначенные как Dm118, Dm225 и Dm234, в настоящее время изучены наиболее подробно².

Прежде всего предстояло локализовать выделенные нами структурные гены на хромосомах дрозофилы. Эта работа проводилась нами совместно с Институтом атомной энергии им. И. В. Курчатова (Е. В. Ананьев, лаборатория В. А. Гвоздева). Дрозофила и для этих исследований чрезвычайно удобный объект благодаря содержанию в ее слюнных железах гигантских политенных хромосом: в таких хромосомах плотно уложенные идентичные молекулы ДНК повторяются 1000 раз. Политенные хромосомы хорошо видны в световой микроскоп и морфологически хорошо изучены на всем своем протяжении, причем каждому участку таких хромосом присвоен определенный шифр. Выяснилось, что если радиоактивную ДНК из клонов Dm118, Dm225 и Dm234 гибридизовать с политенными хромосомами дрозофилы, то каждая из клонированных ДНК гибридизуется с десятками удаленных друг от друга участков на политенных хромосомах. По оценке биохимическими методами, ДНК этих трех клонов повторяется в геноме дрозофилы десятки и даже сотни раз.

До последнего времени у высших организмов были известны два типа структурных генов: уникальные и многократно повторяющиеся, сгруппированные гены. Из приведенных данных следует, что существует еще один тип множественных генов, когда один и тот же ген рассеян по геному.

О выделении из дрозофилы генов с описанными свойствами сообщил также Д. Хогнесс³. Биологический смысл подобного расположения генов не ясен. Возможно, они выполняют какую-то общеклеточную функцию и в каждом типе дифференцированных клеток работает только

взаимодействий требования равенства числа лептонов и кварков приводит к сокращению расходимостей в высоких порядках теории возмущений. Однако эта формальная причина вряд ли может служить достаточным оправданием для существования столь фундаментальной симметрии.

¹ Подробнее о методах геной инженерии см.: «Природа», 1977, № 6, с. 85.

² Il'yin Yu. V., Tchurikov N. A., Georgiev G. P. — «Nucleic Acid Res.», 1976, v. 3, p. 2115; Ильин Ю. В., Чуриков Н. А., Соловнин А. С., Полукаро-

ва Л. Г., Георгиев Г. П. — «Молек. биол.», 1977, т. 11, с. 637.

³ Rubin G. M., Finnegan D. J., Hogness D. S. Progress in Nucleic Acid Research and Molecular Biology. Acad. Press, N. Y., 1976, v. 19, p. 221.

один из этих генов, в то время как другие неактивны.

Другим неожиданным свойством этих генов явилась их нестабильная локализация на хромосомах дрозофилы⁴. Это следует из опытов по гибридизации радиоактивной ДНК всех трех клонов с полнотелыми хромосомами дрозофилы, полученными из разных линий или даже из одной и той же линии дрозофилы. Можно предположить, что обнаруженные нами гены принадлежат к классу так называемых «прыгающих» генов, существование которых предполагают генетики.

Ю. В. Ильин
Кандидат биологических наук
Москва

Молекулярная биология

Расщепление аномальных белков в клетке

Любой белок, независимо от функции, которую он выполняет в клетке, построен из аминокислот, чередующихся в строго определенном порядке. Для выполнения белком своих функций — ферментативной, сократительной или любой другой — важно, чтобы определенная аминокислота находилась на «своем» месте. Система клетки, синтезирующая белок, функционирует с достаточно высокой точностью, и тем не менее иногда в клетке появляются аномальные белки, которые имеют ошибки в строении полипептидной цепи. К числу ошибок относится замена одной аминокислоты на другую, выпадение одной из аминокислот и т. д. Такие ошибки часто приводят к потере активности белка, ко-

торый превращается в балласт для клетки. Появление ошибок в белках может приводить и к более тяжелым последствиям: нарушению какой-либо клеточной функции, индукции новых ошибок в синтезе белка или других клеточных компонентов и т. д. Существует ли механизм, который может избавлять клетку от накопления таких аномальных белков? Как этот механизм функционирует? На такие вопросы попытались ответить биохимики Дж. Д. Этлингер и А. Л. Гольдберг (Отдел физиологии при Гарвардской медицинской школе, Массачусетс, США).

Опыты проводились на ретикулоцитах кролика. Чтобы получить аномальные белки, ретикулоциты инкубировали со смесью 19 обычных аминокислот, а вместо аминокислоты валина добавляли его аналог — 2-амино-3-хлормасляную кислоту. Ретикулоциты помещали в такие условия, когда в них проходил активный синтез белка глобина; при этом вместо валина в состав белка включался аналог. В результате в ретикулоцитах накапливался аномальный глобин, содержащий на месте валина 2-амино-3-хлормасляную кислоту. Оказалось, что аномальный глобин очень быстро распознается и расщепляется в ретикулоцитах. Так, через час более 80% аномального глобина расщепляется, тогда как расщепления нормального глобина за то же время практически не происходит. Активность этого фермента подавляется известными ингибиторами протеаз — этилмалеимидом, йодацетамидом и др. Удивительным свойством этого протеолитического фермента является то, что активность его проявляется только в присутствии АТФ. В ходе ферментативной реакции АТФ расщепляется до АДФ и фосфата, снабжая энергией реакцию гидролиза аномального глобина.

Известные до сих пор протеолитические ферменты не используют для ферментативного катализа богатых энергией соединений. Открытый американскими исследователями протеолитический фермент в этом смысле является исключением. Этот фермент не во-

дит в состав лизосом, а локализуется в растворимой фракции клетки. Вполне вероятно, что этот же самый фермент участвует в расщеплении рибосом, митохондрий, а также клеточных белков, которое происходит при превращении ретикулоцитов в эритроциты.

Пока не решен вопрос, каким образом этому протеолитическому ферменту удается отличать аномальные белки от нормальных.

«Proceedings of the National Academy of Sciences», 1977, v. 74, p. 54—58 (США).

Молекулярная биология

Транспорт белков через биологическую мембрану

Молекулы разнообразных белков, синтезирующихся внутри клетки, в основном используются для нужд этой клетки, выполняя в ней либо функции ферментов, либо сократительные, структурные и другие функции. Однако известно немало примеров, когда клетка синтезирует белки, выделяемые в среду. Такие секреторные белки выделяют, например, многие микроорганизмы в среду выращивания. Как же в этом случае синтезированные в клетке белки переносятся через клеточную мембрану? Ведь хорошо известно, что биологические мембраны непроницаемы для макромолекул, поэтому очевидно, что должен существовать специальный механизм, обеспечивающий транспорт белков через биологические мембраны. Этот же механизм должен, видимо, обеспечивать и перенос хлоропластных и митохондриальных белков, часть из которых синтезируется в цитоплазме и, следовательно, должна транспортироваться через мембрану этих внутриклеточных органелл.

Интересные данные, объясняющие некоторые детали этого механизма, привел Г. Блобель (Отдел клеточной

⁴ Georgiev G. P., Ilyin Yu. V., Ryskov A. P., Tchurikov N. A., Yenikolopov G. N., Gvozdev V. A., Ananiev E. V. — «Science», 1977, v. 195, p. 395.

биологии Рокфеллеровского университета, Нью-Йорк, США)¹. Исследуя в течение нескольких лет механизм синтеза и транспорта через биологическую мембрану секреторных белков, Блобель выдвинул так называемую сигнальную гипотезу, суть которой заключается в следующем.

В молекулах мРНК, кодирующих секреторные белки, на 5'-конце располагаются так называемые сигнальные кодоны, которые не содержат информации о строении смысловой части секреторных белков. Другими словами, такие мРНК несколько длиннее, чем это можно ожидать. Содержащая сигнальные кодоны мРНК связывается со свободными цитоплазматическими рибосомами, после чего на рибосомах начинается синтез секреторных белков. Эти секреторные белки содержат на N-конце молекулы как бы дополнительный пептид. По данным Блобеля, такой сигнальный пептид играет важную роль в механизме транспорта секреторных белков через мембрану. Появление на рибосомах связанного сигнального пептида служит толчком для присоединения рибосом к мембране. Соединившись с мембраной, сигнальный пептид вызывает изменение ее структуры. В результате особые белки-рецепторы образуют в мембране белковый «тоннель», через который вновь синтезированный белок проникает через мембрану. По-видимому, процесс переноса через мембрану может начаться еще до того, как белок закончил синтезироваться на рибосомах. После окончания синтеза и переноса вновь синтезированного белка через мембрану ставший ненужным сигнальный пептид отщепляется с помощью специального фермента — сигнальной пептидазы. Таким образом, сигнальные пептиды выполняют роль своеобразного ключа, открывающего в мембранах «дверцы» для белковых молекул.

Для многих белков и полипептидов хорошо известно, что на рибосомах образуются их предшественники, состоящие из большего количества аминокислотных остатков². Так, например, в бесклеточной системе синтеза белка в присутствии мРНК, кодирующей сывороточный альбумин крысы, образуется белок, содержащий на N-конце молекулы 18 дополнительных аминокислот. Альбумин, синтезирующийся в клетках печени, является также секреторным белком, выделяемым в сыворотку крови. Он образуется главным образом на связанных с мембраной рибосомах.

Существование предшественников обнаружено и для других белков: легких цепей иммуноглобулина, инсулина, лактогена и др. Длина их, как правило, на 15—30 аминокислот превышает длину нормального белка. Сигнальная гипотеза Блобеля хорошо объясняет роль таких дополнительных пептидов, присоединенных к секреторным белкам. Существуют интересные предположения, приписывающие определенную роль сигнальным пептидам и после их отщепления от секреторного белка. Так, Ф. Штраус (США)³ считает, что после отщепления от белка сигнальный пептид может регулировать скорость инициации синтеза белка, изменять стабильность мРНК, кодирующей данный белок, и т. д.

А. П. Сургучев

Кандидат биологических наук

Москва.

Молекулярная биология

Обнаружен предшественник эндорфинов

Несколько лет назад в гипофизе млекопитающих были найдены пептиды с обезболивающими свойствами —

так называемые эндорфины. По своему физиологическому эффекту они напоминают основной алкалоид мака — морфин. К эндорфинам относят целое семейство пептидов разной длины: энкефалин — пятичленный пептид; бета-эндорфин, построенный из 31 аминокислотного остатка, бета-липотропин, состоящий из 91 аминокислотного остатка, и т. д. Интересно, что энкефалин входит в состав бета-эндорфина, который, в свою очередь, является составной частью бета-липотропина.

Р. Гилемин (лауреат Нобелевской премии 1977 г.¹) и С. Уденфренд (Институт Молекулярной биологии в Натли, США) недавно установили, что первоначально в клетках гипофиза синтезируется довольно длинный пептид, состоящий из 200 аминокислотных остатков, с молекулярным весом около 30 000. При его расщеплении образуются более короткие пептиды, которые и обладают обезболивающими свойствами.

Американские исследователи считают, что этот процесс превращения длинных пептидов в короткие, физиологически активные, может происходить чрезвычайно быстро. Так, при немедленном замораживании только что удаленного гипофиза крыс содержание в его клетках бета-липотропина в 150 раз превышает содержание бета-эндорфина; если же удаленный гипофиз сразу не заморозить, это соотношение пептидов в его ткани резко уменьшается, что обусловлено распадом бета-липотропина и превращением его в бета-эндорфин. Неудивительно поэтому, что существование длинных полипептидов-предшественников установлено значительно позднее, чем были обнаружены короткие пептиды с их обезболивающим действием.

По мнению Гилемина и Уденфренда, полипептид, состоящий из 200 аминокислотных остатков, служит своеобразным

² «Природа», 1977, № 6, с. 131.

³ «Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 1977, v. 74, № 4, p. 1358.

¹ «Abstracts the 11,th FEBS meeting», Copenhagen, 1977, A 2—6, L5.

¹ Подробнее см.: «Природа», 1978, № 1.

разной формой хранения пептидов с выраженными физиологическими свойствами. При изменении физиологических условий начинается расщепление этого предшественника специфическими протеолитическими ферментами, в результате чего образуется бета-эндорфин и другие физиологически активные пептиды.

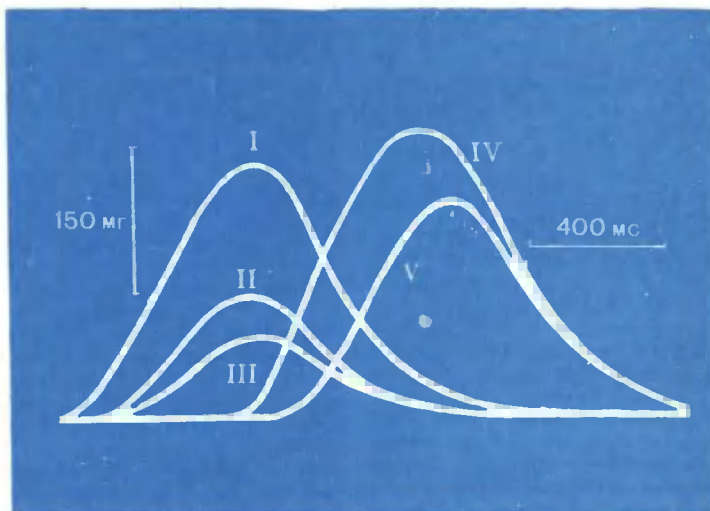
«Science News», 1977, v. 112, № 27, p. 6 (США).

Медицина

Креатин регулирует силу сокращения миокарда

15 сентября 1977 г. Государственный комитет по делам изобретений и открытий Совета Министров СССР зарегистрировал новое открытие: сотрудники Всесоюзного кардиологического научного центра АМН СССР Е. И. Чазов, В. Н. Смирнов, В. А. Сакс и Л. В. Розенштраух обнаружили неизвестное ранее явление регуляции с помощью креатина силы сокращения сердечной мышцы — миокарда¹.

Известно, что энергия, необходимая для сокращения мышцы сердца, вырабатывается в митохондриях и затем переносится к сократительным элементам сердца — миофибриллам. До недавнего времени считали, что в сердечной мышце энергия запасается в виде фосфорной (макроэргической) связи АТФ. Поэтому в клинике при сердечной недостаточности применяли инъекции АТФ. Однако такое лечение не давало должного эффекта. Изучение молекулярных механизмов нарушения сократимости сердца при инфаркте миокарда показало, что многие полученные при этом данные не укладываются в общепринятую схему энергетического обмена в сердце. Исследования механизма переноса энергии от мест ее обра-



зависимость силы сокращения сердечной мышцы лягушки от содержания креатина. По оси абсцисс отложено время, по оси ординат — сила сокращения. I — одиночный цикл сокращения полости сердца лягушки; II, III — то же после вымывания основной части креатина из клеток сердца; IV — то же после введения креатина; V — изменение силы сокращения при последующем вымывании креатина.

зования к сократительному аппарату выявили новые пути переноса энергии с участием креатинфосфата и креатинфосфокиназы. Был количественно описан механизм эффективного синтеза креатинфосфата в митохондриях сердца. Ведущую роль в этом процессе играют два митохондриальных белка — креатинфосфокиназа и АТФ-АДФ-транслоказа. Оказалось, что креатинфосфокиназа присутствует во всех местах использования энергии в мышечной клетке, в том числе и на плазматической мембране клетки. Такая локализация креатинфосфокиназы обеспечивает полное использование энергии в сердечной мышце. Воздействуя на креатинфосфокиназный путь транспорта энергии, можно в значительной степени регулировать силу мышечного сокращения миокарда.

Регуляция сокращения

миокарда с помощью креатина вначале была предсказана теоретически, на основе биохимических данных, а затем экспериментально на живой сердечной мышце было показано, что вымывание креатина и креатинфосфата из мышечных клеток сердца при перфузии их физиологическим раствором приводит к уменьшению силы сокращения, а введение в сердечные клетки креатина полностью восстанавливает интенсивность транспорта энергии по креатинфосфатному пути и сопровождается полным восстановлением нормального сокращения. Таким образом, на основании полученных результатов выявлен неизвестный ранее эффективный регулятор силы сокращения — креатинфосфат, внутриклеточное содержание которого, в свою очередь, определяется присутствием креатина в клетках.

Изменившееся представление о путях внутриклеточного транспорта энергии в сердце дает возможность более точно интерпретировать изменения энергетического обмена и нарушения сократимости, происходящие при инфаркте миокарда и некоторых других заболеваниях сердца. Полученные результаты открывают новые возможности поиска и создания фармакологических средств, избирательно влияющих на отдельные стадии внутриклеточного транспорта энергии в сердечной мышце и позволяющие

¹ О работе этой группы исследователей подробнее см.: «Природа», 1975, № 11, с. 116.

целенаправленно управлять сократимостью миокарда.

«Бюллетень открытий, изобретений, промышленных образцов и товарных знаков», 1977, № 187; «Biochimica et Biophysica Acta», 1977, v. 465, p. 550 (Нидерланды).

Геология

Жизнь на Земле существует 3,5 миллиарда лет

Всестороннее изучение докембрия представляет общегеологический интерес, поскольку дает информацию о наиболее длительном периоде развития нашей планеты — от древнейших известных нам геологических образований с возрастом около 3500 млн лет до начала кембрия (~ 570 млн лет назад).

Уникальную информацию о характере геологических процессов и времени формирования литосферы и атмосферы дает изучение изотопов углерода и кислорода в древнейших осадочных породах. По данным зарубежных исследователей, вариации изотопного состава ^{13}C и ^{18}O в осадках за последние 500 млн лет носят симбатный (синхронный) характер. Изучение изотопов этих же элементов, проведенное А. В. Сидоренко и Ю. А. Борщевским на образцах древнейших осадочных серий Алданского и Балтийского щитов, возраст которых оценивается в 1,0—3,5 млрд лет, показало, что та же закономерность в распределении изотопов ^{13}C и ^{18}O распространяется на значительно больший отрезок времени. Установлено также постоянство среднего изотопного состава двух форм углерода — карбонатного ($\delta^{13}\text{C}_{\text{cp}} = 0\%$) и органического ($\delta^{13}\text{C}_{\text{op}} = -27\%$), характерное не только для фанерозоя, но и для всего докембрия.

Постоянное изотопное равновесие двух основных форм углерода земной коры, установившееся по меньшей

мере 3,5 млрд лет назад, в свою очередь указывает, что образование жидкой и газообразной оболочек Земли (гидросферы и атмосферы) произошло до рубежа 3,5 млрд лет, так как лишь в этом случае могло установиться химическое и изотопное равновесие гидросферы и атмосферы. Этот вывод хорошо согласуется с современными представлениями планетной космогонии и космохимии о конденсационно-химической дифференциации вещества протопланетного облака, согласно которым первичные гидросфера и атмосфера сформировались на заключительной стадии образования Земли. Лишь в этом случае становится понятным сходство процессов осадконакопления как в период древнейшей истории Земли, так и в более позднее время. «Доклады АН СССР», 1977, т. 234, № 4, с. 892—895.

Сейсмология

Первая карта сейсмичности Тихого океана

Советскими геологами и геофизиками впервые в мире составлена на обширнейшую акваторию Тихого океана и прилегающих районов карта¹, которая отражает характер их сейсмичности.

В пределах окраин континентов выделены основные тектонические элементы: платформы, геосинклинальные складчатые области и области активизации. На акватории Тихого океана показаны крупные блоки, в пределах которых намечаются глыбовые поднятия, вулканогенные пояса, нагорья и другие геологические элемен-

ты. Желтовато-зелеными полосоми отмечены разломы.

Местоположение зарегистрированных землетрясений отражено на карте специальными кружками. Глубину их гипоцентров (от кобровых — 0—30 км до мантийных — свыше 600 км) передает цвет кружка, а энергию землетрясения (магнитудой от 5,5 до 7,5—8,0) — размеры кружка. Землетрясения магнитудой свыше 8,0 включены в специальный список. Распределение очагов землетрясений в пределах фокальных зон прекрасно иллюстрируют поперечные разрезы.

На мелкомасштабной врезке приведена схема сейсмоактивности Тихого океана. На ней отчетливо вырисовывается относительно узкая полоса сейсмоактивных зон, гигантским полукольцом (вдоль островных дуг и желобов) опоясывающая периферию акватории океана. Лишь на юге Тихого океана, вдоль берегов Антарктиды, сейсмоактивные зоны отсутствуют.

Вторая мелкомасштабная врезка отражает очаги цунами и зоны цунамиактивности.

Новая карта сейсмичности чрезвычайно интересна широкому кругу специалистов и в нашей стране, и за рубежом. Она представляет собой важный документ для различных геологических и геофизических разработок и прогноза землетрясений.

А. Е. Шлезингер

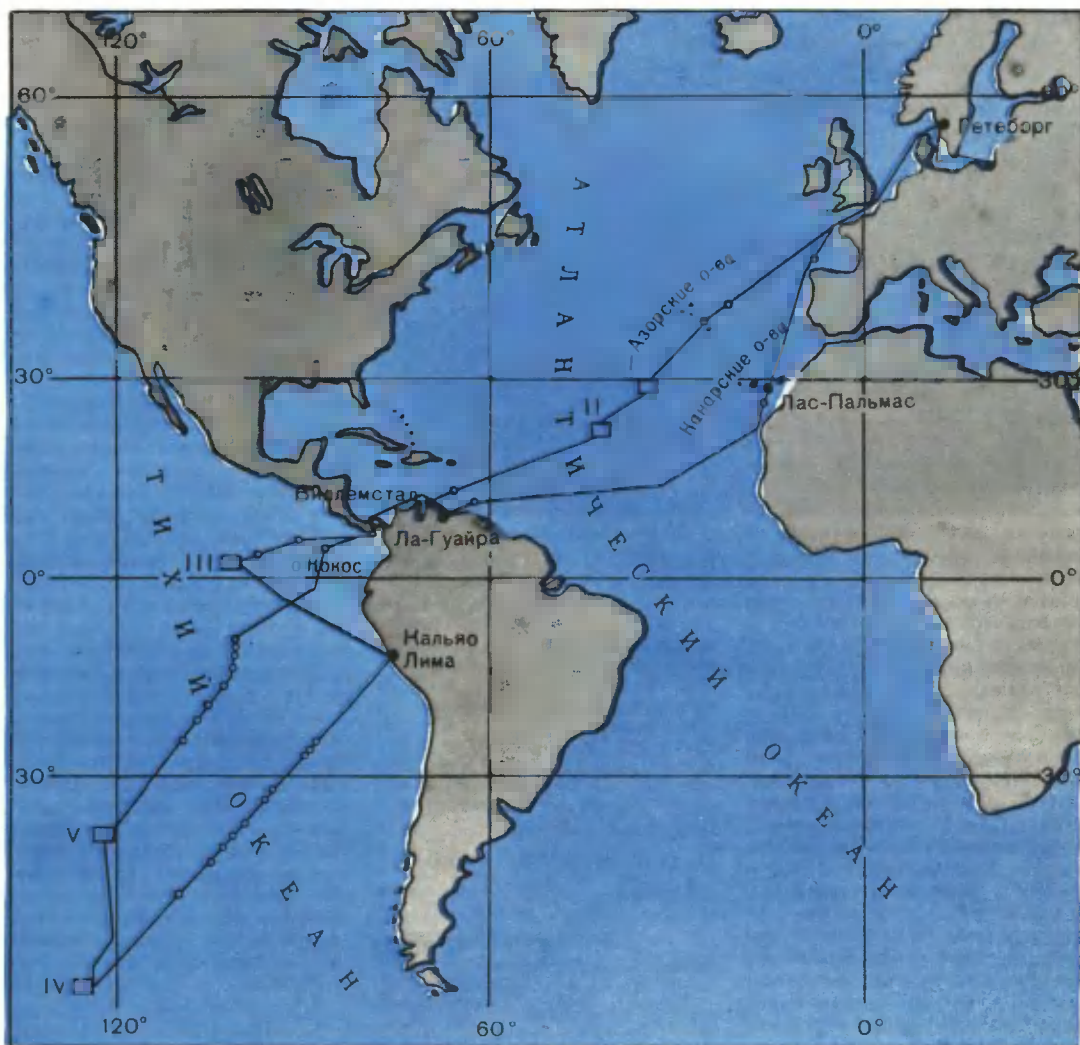
Доктор геолого-минералогических наук
Москва

Океанология

Исследование глыбинных разломов океанского дна

В конце апреля 1977 г. завершилась четырехмесячная экспедиция научно-исследовательского судна «Академик Курчатов» Института океанологии АН СССР. В этом очередном, 24-м рейсе при-

¹ Карта сейсмичности Тихоокеанского подвижного пояса и Тихого океана (1896—1968). Масштаб 1:10 000 000 000. Гл. ред. Л. И. Красный, В. В. Федынский. Л., 1976.



Маршрут 24-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Курчатов» Института океанологии АН СССР, совершавшегося 29. XII. 1976—28. IV. 1977 г. Детальные исследования проводились на пяти полигонах: I — в зоне разлома

Атлантик, II — в зоне разлома Кейн, III — в зоне разлома Галапагос, IV — в средней части Восточно-Тихоокеанского поднятия, где был открыт новый крупный разлом земной коры, V — в зоне разлома Элтани.

□ полигоны детальных геолого-геофизических исследований

● геологические станции

● пункты заходов

нимали участие десятки специалистов Института океанологии и других академических институтов, сотрудники Московского государственного университета и ряда научных организаций. Министерство геологии СССР. Экспедиция была посвящена комплексному геолого-геофизическому изучению дна Центральной Атлантики и юго-восточной части Тихого океана. Протяженность маршрута судна составила более 50 тыс. км.

Основное внимание специалистов привлекали зоны крупных глубинных разломов,

пересекающих Срединно-Атлантический хребет, Восточно-Тихоокеанское поднятие и прилегающие океанские котловины. Эти зоны чрезвычайно интересны резкими формами рельефа с перепадами высот до 5 км, своей повышенной сейсмичностью и тектонической активностью; здесь на крутых склонах ущелий выходят на поверхность дна глубинные породы земной коры, встречаются металлоносные осадки.

Детальные исследования были проведены на пяти полигонах, два из которых расположены в Атлантике, а три — в Тихом океане. В рейсе выполнялись самые разнообразные работы: геофизическая съемка (эхолотирование, магнитометрия, гравиметрия, сейсмопрофилирование), измерение теплового потока, отбор проб осадков и коренных пород, изучение сейсмичности с помощью донных сейсмографов и глубинное сейсмическое зондирование земной коры. В результате по этим районам получены новые данные о геоморфологии и тектонике дна, об особенностях геофизических полей и сейсмичности, глубинном строении коры и магматических породах, о строении осадочного покрова и скорости накопления осадков.

Большой объем геофизических и геологических исследований выполнен также по маршруту судна, который пересекал крупнейшие тектонические структуры океанского дна.

В Атлантике интересные данные получены в зоне разлома Атлантис, который протягивается почти через весь океан на широте Канарских о-вов. Экспедиция исследовала восточную ветвь разлома (полигон I), где впервые детально изучены магнитные аномалии, структура дна, подняты обломки пород глубинных слоев земной коры, обнаружен повышенный тепловой поток и признаки гидротерм. На двух трансатлантических профилях геофизическими методами исследован Срединно-Атлантический хребет и прилегающие котловины.

В Тихом океане работы в течение двух месяцев велись

в районе Восточно-Тихоокеанского поднятия, занимающего огромную площадь дна океана от берегов Мексики до Антарктиды. Судно дважды прошло вдоль поднятия от экватора до 55° ю. ш., проводя геофизические измерения по маршруту и на геологических станциях. Выявлены новые особенности геоморфологии и тектоники дна, геофизических полей, уточнены области распространения металлоносных осадков.

На полигоне III в районе впадины Хесса (зона разлома Галапагос) путем драгировок крутого склона впадины получен полный геологический разрез океанской земной коры (сверху вниз): базальтовые лавы, базальт-долеритовый дайковый комплекс, габброидный комплекс. Этот разрез хорошо коррелирует с детальным сейсмическим разрезом, построенным по данным глубинного сейсмического зондирования. Указанным трем комплексам пород соответствуют сейсмические слои со скоростями 3,5; 5,5 и 6,8 км/с. Двухсуточные наблюдения с помощью донных сейсмографов выявили высокую сейсмичность впадины Хесса (зарегистрировано около 30 землетрясений). Геологические и геофизические данные позволяют считать эту впадину молодой активной рифтовой структурой.

В средней части Восточно-Тихоокеанского поднятия (полигон IV) экспедицией сделано важное открытие: обнаружен и обследован новый крупный разлом земной коры субширотного простирания. Он представляет собой ущелье глубиной до 6600 м с крутыми склонами. Протяженность изученного участка разлома около 200 км. Такие глубокие поперечные разломы ранее были неизвестны в Тихом океане. Участники экспедиции предложили дать новому разлому название судна — «Академик Курчатов».

Уникальные сведения по геологии дна получены на самом южном участке маршрута, в зоне разлома Элтинин (полигон V). В нижних частях разреза нормальной океанской

коры, вскрытого разломом на 5 км, под перидотитами, считающимися породами верхней мантии, обнаружены амфиболитовые сланцы (по-видимому, метаморфизованные вулканогенно-осадочные породы), ранее в таких условиях не встречавшиеся в океане. А с вершины подводной горы здесь подняты известняки с микрофауной мелового возраста (около 70 млн лет), что необычно для гребневых районов срединно-океанических хребтов, где происходит образование новой коры. Эти находки после тщательного лабораторного анализа послужат основой для важных выводов о геологической истории исследованных районов океана.

Геологические и геофизические материалы, полученные экспедицией в зонах глубинных разломов, существенно дополняют данные глубоководного бурения, которое пока имеет небольшую глубину проникновения в твердые породы коры (на десятки, в лучшем случае — сотни метров).

Во время рейса мы посетили Азорские о-ва и о-в Кокос, где проводились геологические экскурсии. Для пополнения запасов и опорных геофизических наблюдений судно заходило в порты Виллемстад (о-в Кюрасао, Нидерланды), Лима (Перу), Ла-Гуайра (Венесуэла), Лас-Пальмас (Канарские о-ва, Испания) и Гетеборг (Швеция). Здесь на борту судна устраивались пресс-конференции, местные ученые знакомились с лабораториями. Эти визиты способствовали дальнейшему развитию международного научного сотрудничества в области изучения Мирового океана.

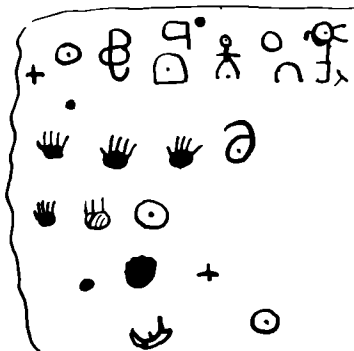
Ю. П. Непрочнов

Доктор физико-математических наук
Начальник экспедиции
Москва.

Археология

О возрасте петроглифов Бокиндукского камня

Еще в 30-е годы, участвуя в качестве геолога в комплексной экспедиции в горную Чечню, я обнаружил любопытные петроглифы. Остатки знаков, расположенные пятью довольно правильными рядами, виднелись на глыбе известняка, лежавшей на пересечении дорог из Гучум-Кале в Бокиндук, на пути к мосту через Чанты-Аргун. Тогда же я сделал их схематическую зарисовку. Возвращаясь сегодня к этой давней находке, я хочу рассказать о возможном способе датировки подобных памятников, основанном на анализе химической денудации¹ камня.



Схематическая зарисовка петроглифов Бокиндукского камня.

В свое время знаки были нанесены острым орудием на слабо наклонной поверхности известняка. При этом в углублениях остались крошки, которые были растворены дождевой и талой водой, а под действием солнечного тепла из этого раствора выпал кристаллический кальцит. В момент осмотра глыбы, в 1931 г., знаки из белого кальцита, ранее рас-

положенные в углублениях, уже стали выпуклыми.

Итак, за время, прошедшее с момента изготовления этого интересного каменного документа, окружающий знаки известняк был растворен атмосферными водами, а более стойкий вторичный кальцит поднялся над поверхность. Если допустить, что первоначальные знаки были сделаны на глубину 2—3 мм, а высота выпуклого белого кальцита равна 1 мм, оказывается, что поверхность известняковой глыбы понизилась на 3—4 мм. Судя по немногочисленным определениям, химическая денудация известняков Северного Кавказа составляет 10—20 (в среднем 15) микрон в год. Это дает возраст петроглифов 200—260 лет плюс время, прошедшее со дня наших наблюдений.

Сказанное позволяет предварительно считать, что петроглифы Бокиндукского камня принадлежат предкам современных чеченцев. Возможно, на глыбе известняка начертан документ, служивший для увековечения какого-то знаменательного события?

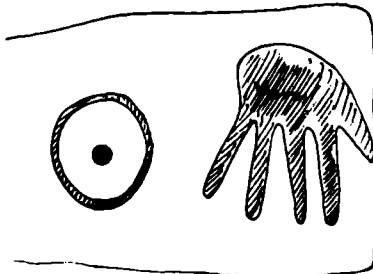
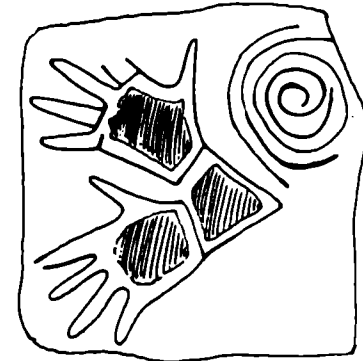
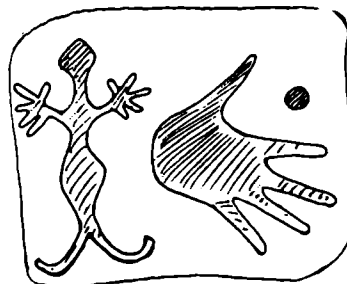
Профессор Г. А. Максимович

Пермь

Сообщение профессора Пермского университета доктора геолого-минералогических наук Г. А. Максимовича редакция просила прокомментировать специалиста по археологии Кавказа доктора исторических наук В. И. Марковина.

Петроглифы Чечено-Ингушетии

Многие из средневековых построек Чечено-Ингушетии покрыты петроглифами. Обычно их можно видеть на башнях, склепах, могильных камнях; немного реже встречаются они на зданиях мечетей, так как петроглифы связаны с языческими, доисламскими верованиями. Хотя эти рисунки и привлекают внимание археологов, этнографов, художников, изучены они еще недостаточно.



Прорисовка петроглифов, характерных для Чечено-Ингушетии. Представлены изображения рук мастеров в сочетании с различными знаками, в том числе соллярными: сверху — рисунок на боевой башне у города мертвых Цой-Педе; в середине — на жилой башне в местечке Паноч, район Итум-Кале; внизу — на минарете мечети в местечке Эткали, район Итум-Кале.

Сделаны петроглифы довольно примитивно: точечными ударами, если камень твердый, или более смелой сплошной линией. Для Чечено-Ингушетии особенно характерны петроглифы, напоминающие знаки письменности. Эти

¹ От лат. denudatio — обнажение; снос, удаление продуктов выветривания путем смыва.

группы рисунков, как правило, образуют небольшие горизонтальные ряды, в которых отдельные элементы следуют друг за другом. Некоторые из подобных изображений напоминают скобообразные знаки грузинского письма.

Особую группу петроглифов составляют рисунки крестов. Вряд ли их можно сопоставлять с христианской символикой. Судя по горским сказкам, крест, лучи которого обращены во все четыре стороны, издавна служил универсальным оберегом. Пользовались им почти до наших дней. Даже среди декора мечетей в селениях Бачи-Юрт и Дарго в соседстве с цитатами из Корана можно видеть изображения крестов (в том числе «византийского» типа — с расширяющимися концами). Вероятно, местные каменщики стремились традиционным способом оградить свои постройки от всякой «нечисти».

Однако более всего для петроглифов Чечено-Ингушетии характерны геометрические начертания, солярные знаки (изображения Солнца в виде круга с точкой в центре, круга с завихрениями, спиралей), рисунки животных. Изображения животных, исполненные одними линиями, без стремления выявить объемы, близки наскальным рисункам глубокой древности (эпохам мезолита и бронзы). Эта серия петроглифов связана с культовым почитанием отдельных животных (в Чечено-Ингушетии до сих пор, например, особым уважением пользуется волк).

Реже среди петроглифов можно встретить фигуры людей. Это и зротические сцены, и одиночные изображения людей, иногда — лежащих, умерших. Рисунки такого характера, как и композиции с животными, должны были, осеняя жилище, способствовать плодородию, приносить благополучие, счастье. Изображения умерших не составляют исключения: считалось, что души мертвых помогают живущим.

Но чаще всего на камнях выбивали изображения отдельных рук. Исполнены они в натуральную величину и явно имеют индивидуальный харак-



Позднесредневековые петроглифы на жилых башнях в Чечено-Ингушетии: сверху — в местечке Тундук, район Итум-Кале; в середине — в селении Макажой; внизу — в селении Хой, район оз. Кезеной-Ам.

Фото автора.

тер — с длинными пальцами и короткопалые, изящные и грубые, почти квадратные очертаний. Видимо, их высекали по контурам реальных рук. Подобные петроглифы можно трактовать по-разному. Это может быть рука мастера-

каменщика — как оставленная им гарантия прочности постройки (обычно она выбивалась у входа или напротив него). Рисунки рук, выбитые на склепах и могильных камнях, представляют собой охранные знаки. Рука могла выражать и предельно короткую четкую мысль — «это мое». С такой целью изображения рук высекали на межевых камнях (в Грузии и Дагестане) и на отдельных вещах (по всему Кавказу).

Встречаются среди петроглифов рисунки не только кисти руки, а полнокотное ее изображение (например, на башне в селении Хайбахой). Этот рисунок должен был увековечить героическое хозяина башни, так как здесь изображена рука поверженного врага. Известно, что трофеи в виде отрубленных рук местные воины хранили долгое время, ибо считалось, что в таких случаях мужество врага переходит к победителю.

Все виды описанных петроглифов встречаются и в различных сочетаниях. В отдельных случаях эти группы знаков могли увековечить и какое-либо важное событие.

Петроглифы Чечено-Ингушетии весьма ориентировочно датируются от XII в. (на храме Тхаба-Ерды у селения Таргим в Ингушетии) до XVIII в. (отдельные могильные камни и постройки).

Изображения на камне, найденные Г. А. Максимовичем, очень интересны. Верхний ряд рисунков на нем напоминает пиктограмму — примитивное письмо, хотя в горной Чечне, при отсутствии в прошлом широких торговых связей, вряд ли имелись условия для развития настоящего письма. Подобные пиктограммы, имевшие несомненный смысл, могли быть доступны пониманию лишь узкого круга лиц.

На важность камня из Гучан-Кале (Гучум-Кале) указывают рисунки рук, повторенные пять раз. К тому же они скреплены солярными знаками.

Вероятно, тщательная фиксация подобных петроглифов, попытки датировать их (в этом отношении датировка камня из Гучан-Кале геологи-

ческим методом очень интересна и убедительна) могут привести в дальнейшем и к их конкретной смысловой расшифровке.

В. И. Марковин
Доктор
исторических наук
Москва.

Организация науки

Диплом почетного доктора МГУ — С. Калискому

14 сентября 1977 г. в Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова диплом почетного доктора МГУ был вручен министру науки, высшего образования и техники Польской Народной Республики, академику Сильвестру Калискому. Этого звания ученый удостоен за выдающиеся успехи в области физики, укрепление дружеских связей между научными учреждениями, вузами Польши и СССР.

С. Калиский известен как крупный физик-теоретик, автор фундаментальных работ в области механики, физики кумулятивных явлений, физики плазмы. Им впервые рассмотрено взаимодействие электронного пучка с поверхностной акустической волной, организовано широкое теоретическое и экспериментальное исследование возникающих при этом явлений, что привело к открытию нового научного направления — акустоэлектроники.

В последнее время С. Калиский занимается исследованиями в области управляемого термоядерного синтеза. Он был инициатором работ по нагреву плазмы излучением лазера в плазменном фокусе; здесь впервые было достигнуто существенное повышение нейтронного выхода. Сейчас под его руководством создается крупнейшая в мире термоядерная установка — плазменный фокус с лазером.

С. Калиский первый предложил использовать тяжелое вещество для улучшения условий инерциального удержания плазмы.

При непосредственном участии С. Калиского создан ряд научно-исследовательских институтов в ПНР, в том числе первоклассные институты квантовой электроники, физики плазмы и лазерного микросинтеза, прекрасные лаборатории акустоэлектроники. В этих институтах ведутся работы по широкому кругу проблем, включая самые глубокие теоретические и экспериментальные исследования. Так, в Институте квантовой электроники, наряду с широко поставленными исследованиями многих типов лазеров, взаимодействия излучения с веществом, нелинейной оптики, уделяется большое внимание вопросам важнейших применений. Здесь разработаны первоклассные приборы для проведения хирургических операций, впервые получены голограммы глазных тканей и др.

Академик Н. Г. Басов
Москва

Книговедение

Книги М. В. Ломоносова — в Ленинграде

Советская печать неоднократно сообщала, что в столице Финляндии обнаружены книги из библиотеки, некогда принадлежавшей М. В. Ломоносову¹. Среди них — сочинения марбургского учителя Ломоносова Х. Вольфа на немецком, латинском языках и в русском переводе, «Рассуждения о тяжести эфира» Я. Бернулли, «Естественная история» Плиния Старшего, «Система природы» К. Линнея, книги Ж. Бюффона, Р. Реомюра, рукописная «История Российской» В. Н. Татищева и множество других бесценных для

истории томов. В 1977 г. Хельсинкский университет передал в дар Библиотеке АН СССР в Ленинграде более 50 из этих книг. На некоторых из них — пометы, сделанные рукой Ломоносова. Они могут расширить наши представления о творческом методе великого ученого.

Как считает историк культуры Д. С. Лихачев, не следует проводить резкой границы между личными книжными собраниями и личными архивами, если они относятся к XVIII в. Методика выписок и библиографических ссылок возникла позднее. В XVIII в. заметки и дополнения делались на самих книгах, что зачастую превращало их в черновики будущих работ. Специалисты изучают книги, принадлежавшие Ломоносову, прежде всего с этой точки зрения.

Кроме того, представляет интерес круг чтения Ломоносова, который, кстаи сказать, теоретически реконструирован². Однако находка в Хельсинки не дает достаточного фактического материала в этом отношении, поскольку представляет собой лишь часть собрания книг Ломоносова. Известно, что еще при жизни Ломоносова его библиотека находилась в двух местах: в петербургском доме и в Усть-Рудице, где он подолгу жил в связи с делами мозаичной фабрики. Свою петербургскую библиотеку Ломоносов, видимо, сам продал фавориту Екатерины II Г. Г. Орлову. Позднее эти книги стали собственностью П. К. Александрова, подарившего их в 1832 г. в составе большой коллекции Мраморного дворца Гельсингфорскому университету. Усть-рудическая библиотека досталась потомкам Ломоносова, и большая ее часть бесследно исчезла. Поиски книг с владельческой надписью и пометами М. В. Ломоносова продолжаются.

Н. В. Успенская
Москва

¹ См., например: Тимохина Ю. П. Как была обнаружена Библиотека Ломоносова. — «Природа», 1974, № 1.

² Коровин Г. М. Библиотека Ломоносова. М.—Л., 1961.

Из «Природы» № 1000

Известие о том, что «Природа» намеревается выпустить свой № 750, быстро распространилось и достигло самых отдаленных уголков нашей науки. Еще продуктивнее заработал авторский актив и пассив. Это позволило редакции в самый короткий срок укомплектовать ближайшие 250 номеров журнала наиболее актуальными сообщениями о новейших достижениях естествознания.

Предлагаем нашим читателям ознакомиться с отдельными выдержками из подборки «Новости науки», которая полностью будет опубликована в «Природе» № 1000 (декабрь 1998 г.).

Научная хроника

В Отделении психологии АН СССР

Бюро Отделения психологии АН СССР приняло решение, в соответствии с которым редколлегиям журналов АН СССР предложено отклонять без рассмотрения статьи, опровергающие феномен телепатии. Бюро отделения считает окончательно доказанной телепатическую связь. Решающим экспериментом по обнаружению телепатической связи признана проверка, проведенная в Космологическом институте АН СССР. Во время этой проверки, произведенной без предварительного оповещения сотрудников (исключение было сделано только для дирекции), на своих рабочих местах вовремя оказались все сотрудники, включая тех, которые приходят в институт только в дни выплаты заработной платы. Анализ эксперимента показал, что о предстоящей проверке сотрудники могли узнать только по телепатическим каналам связи.

«Вестник АН СССР», 1998, № 3.

Астрофизика

Излучение синих дыр в розовой части спектра

Активно обсуждаемая в последнее время теория цветных дыр, обладающих очарованием, приводит к неожиданным следствиям. Долгое время предполагалось, что слияние желтой и синей дыр неизбежно должно привести к образованию зеленой дыры. Однако, как показали С. Пенкинг и Р. Хороуз (Нью-Хоултаунский университет, США), цвет образовавшейся дыры и величина ее очарования существенно зависят от участков спектра, в котором наблюдается дыра. Так, например, в розовой части спектра такая дыра выглядит наиболее ярко и очаровательно. Авторы также обращают внимание на то, что ограничение, которое можно получить для количества реликтовых синих дыр из наблюдений цвета неба, приводит к величине такого же порядка, как и в черно-белой теории, развивавшейся в 70-е годы нашего столетия.

«Hole · Review», 1998, v. 18, p. 26785 (США).

Мономелодика

На стыке науки и искусства

13 марта текущего года специальная Комплексная экспедиция АН СССР наблюдала уникальное событие, которого с момента открытия в 1995 г. монополя Дирака с нетерпением ожидали ученые всего мира.

Согласно теории Дирака, монополь, как следует из названия этой частицы, представляет собой одиночный магнитный заряд. Однако магнитное поле не может иметь источников, поэтому каждому монополю одного знака должен соответствовать второй монополь другого знака заряда. Эти монополи соединены специальной линией, называемой обычно струной. Проще всего представить себе струну в виде длинного, бесконечно тонкого соленида, открытые концы которого и являются двумя монополями противоположных знаков заряда.

При движении монополей возможен случай пересечения двух струн, соединяющих различные пары монополей. При этом с некоторой вероятностью происходит «коммутация» струн, т. е. процесс, в котором вместо первоначальных пар $(m, -m)$ и $(m', -m')$ возникают пары $(m, -m')$ и $(m', -m)$ (напомним, что абсолютные величины зарядов всех монополей одинаковы). Если учесть, что монополи встречаются в природе довольно редко и, следовательно, пересечение двух струн маловероятно, то ясно, что коммутация струн представляет собой чрезвычайно редкое явление.

Именно такой случай посчастливилось наблюдать Экспедиции АН СССР. Наблюдениям благоприятствовало

то обстоятельство, что коммутация произошла в ясную погоду и в пределах земной атмосферы. Коммутация сопровождалась электромагнитным излучением во всех диапазонах, от радиоволн до γ -излучения, а также звуковыми эффектами. К своему удивлению, ученые услышали мелодию старинного ромansa «Очи черныя». Вероятность случайного появления такой комбинации звуков, по предварительным подсчетам, равна 10^{-53} . Отсюда можно сделать вывод, что автор ромansa также был свидетелем коммутации монополюсных струн, а возникновение при коммутации такой мелодии является законом природы.

В настоящее время проводятся расчеты временного интервала между двумя случаями коммутации, которые позволят установить дату сочинения ромansa. Одновременные исторические исследования подтверждают или опровергнут новую гипотезу.

«Hear Russian musik», 1998, v. 24, № 3 (Канада).

Генетика

Хозяйке на заметку

Читателям, должно быть, хорошо известны крупные успехи молекулярной биологии и генетики, геной инженерии и смежных наук, которые были достигнуты в период 1970—1990 гг. К ним следует отнести пересадку генов и их фрагментов для лечения многих наследственных заболеваний, получение новых сельскохозяйственных растений¹, в том числе таких, которые фиксируют молекулярный азот непосредственно из атмосферного воздуха, и т. п.

¹ См., например: Деликатес растет на грядке.— «Химия и жизнь», 1972, № 4; Клетки делятся все лучше.— «Химия и жизнь», 1977, № 4.

Интересные результаты опубликовали недавно американские ученые Дж. Эпплтон и Б. Гузли из лаборатории дифференцировки клеток Национального института здоровья в Бетезде (США). Клетки яблони *Malus domestica* были подвергнуты специальной энзиматической обработке и последующему высокоспецифичному воздействию химических агентов. В результате удалось модифицировать геном клеток таким образом, что, попав в благоприятные условия, они начинают активно делиться, постепенно образуя очень короткие побеги. На концах побегов вскоре появляются и быстро увеличиваются в размерах сочные, вкусные яблоки.

Более сложной оказалась вторая часть эксперимента. Экспериментаторы подобрали условия обработки клеток кожи домашнего гуся (*Anser anser*) особыми химическими реагентами с последующим облучением их ультрафиолетовым светом определенной длины волны. В результате клетки кожи на спине гуся становились реципиентами для предварительно модифицированных клеток яблони. Через несколько дней после пересадки яблоневых клеток на спине гуся появлялись побеги, затем первые плоды, а через 3—4 недели вырастал обильный урожай яблок, вес которого у крупных экземпляров достигал 2,41 кг. На этом этапе экспериментальной работы исследователи столкнулись с серьезными трудностями.

Дело в том, что гуся, почувствовав на спине необычную тяжесть, переворачивались на спину, катались по земле и уничтожали таким образом плоды работы ученых. Пришлось прибегнуть к современным методам селекции сельскохозяйственных животных, чтобы получить породу гусей, которые не обращали внимания на необычный груз. В конце концов усилия ученых увенчались успехом. Более того, им удалось подобрать такие сорта яблок, вкус и аромат которых хорошо сочетается со вкусом гусиного мяса.

«Journal of Biological Research», 1998, № 1—7 (США); «Domestic science», 1998, № 9 (Филиппины).

Макрофизика

Жаропрочный сверхпроводник

С момента синтеза в 1993 г. первого мезокристалла продолжают интенсивные эксперименты по созданию новых мезокристаллов и изучению их свойств.

Как известно¹, мезокристаллы отличаются от обычных кристаллов заменой атомных электронов на μ -мезоны. Поскольку масса μ -мезона примерно в 200 раз больше массы электрона, то плотность мезокристаллов в миллион раз больше плотности обычных кристаллов, а характерные температуры повышаются в сотни раз. Это обстоятельство позволяло надеяться, что если среди мезокристаллов окажутся сверхпроводники, то их критические температуры будут порядка комнатных.

Действительность превзошла ожидания. Недавно² группа сотрудников отдела макрофизики Института элементарных частиц АН СССР сообщила о синтезе нового мезокристалла, являющегося аналогом лимонной кислоты, в котором обнаружены сверхпроводящие свойства. По предварительным данным, критическая температура нового сверхпроводника равна 2140° С. Если это сообщение подтвердится, то оно будет иметь далеко идущие практические следствия. Использование мезосверхпроводника в линиях электропередачи, электродвигателях, генераторах приведет к резкому снижению энергетических потерь и значительному повышению мощности установок. Сохранение сверхпроводимости при температурах плавления стали, железа и т. д. в сочетании с обычным свойством сверхпроводников вытеснять магнитное поле делает особенно перспективным использование мезосверхпроводника в металлургии.

¹ «Природа», 1993, № 10, с. 17.

² «ЖЭТФ», 1998, т. 137, № 5, с. 24.

По-прежнему серьезным препятствием в использовании мезокристаллов является их большой удельный вес.

«Успехи советской металлургии», 1998, № 2.

Организация науки

Лженауке — нет!

10 сентября текущего года известные ученые Д. С. Мадагаскаров и Л. Г. Синеглазовский провели в Московском Доме ученых пресс-конференцию для советских и иностранных журналистов. Они сообщили, что им удалось выловить и окончательно разоблачить последнего сторонника лженауки, который отказался от своих взглядов в обмен на комплект журнала «Спиритуалист» за 1906 г. Присутствующие поздравили ученых с замечательным достижением.

«Вестник Московского Дома ученых», 1998, № 1.

ψ-химия

Еще один класс ψ-химических веществ

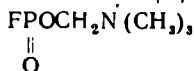
Новый класс веществ получен на основе открытого еще в 70-е годы семейства ψ-частиц. Для получения этих веществ особенно существенным оказалось использование трубок из металлического водорода марки ВГ-91. Как и у других ψ-химических веществ, свойства нового класса синтезированных веществ полностью непредсказуемы, но чрезвычайно полезны в разнообразных областях науки и техники.

«ψ-химические материалы», 1998, № 19, с. 98.

Химия

Новый антисептик

Крупным коллективом химиков в содружестве с филологами, философами и санэпидемиологами синтезировано вещество «эрроцид» (от лат. *errog* — заблуждение). Его химическая формула:



Из рукописей, обработанных этим веществом, через несколько секунд улетучиваются все опечатки, а также синтаксические и философские ошибки. Содержание не страдает. Природоградский завод антисептических препаратов начал экспериментальное производство этого вещества в виде душистого порошка. Порошком «Эрроцид» заинтересовались издательства, философские общества и абитуриенты всех вузов.

«УХ АН СССР», 1997, № 2.

Алфизика

Проект международного алфизического словаря

С тех пор как наиболее фундаментальные разделы теоретической физики выделены в особую область науки — алфизику, остро встал вопрос о международном словаре, включающем слова и выражения, допустимые в алфизических работах. Дело в том, что, как показывают наукометрические исследования, зачастую алфизические работы непонятны не только алфизикам, работающим в смежных областях, но и самим авторам этих работ; причем степень непонимания растет

со временем, достигая единицы в среднем через три года. Предполагается, что международный алфизический словарь приведет по крайней мере к увеличению этого срока до 4—5 лет.

«Aphysical Review», 1998, v. 13, p. 666.

Теоретико-множественная квантовая электродинамика

Независимость принципа перенормировок от системы аксиом ZF

Как известно, основные результаты квантовой электродинамики последних десятилетий были получены на комбинаторном направлении. Теоретико-множественное направление в квантовой электродинамике возникло относительно недавно в связи с проблемой отношения принципа перенормировок к системе аксиом Цермело — Френкеля (ZF) — системе аксиом теории множеств, являющейся фундаментом современной математики и теоретической физики.

Первое значительное достижение теоретико-множественной квантовой электродинамики состояло в доказательстве группой сотрудников Математико-физического института АН СССР невозможности опровергнуть принцип перенормировок квантовой электродинамики на основе системы аксиом ZF (даже расширенной за счет континуум-гипотезы или ее отрицания).

Недавно группой сотрудников Физико-математического института АН СССР установлен еще один фундаментальный факт, касающийся принципа перенормировок — невозможность доказательства этого принципа на основе системы аксиом ZF. Таким образом, принцип перенормировок оказался независимым от системы аксиом ZF. Следовательно, теперь к системе аксиом

теории множеств с полным правом можно добавить принцип перенормировок или его отрицание. Специалисты расценивают это как важнейший результат после доказательств К. Геделя и П. Козна независимости континуум-гипотезы Г. Кантора от системы ZF¹.

«Труды МАФИАН», 1998, т. 13, с. 1; «Труды ФИМИАН», 1998, т. 18, с. 904.

¹ Коэн П. Дж., Херш Р. — «Природа», 1969, № 4; Манин Ю. И. — «Природа», 1975, № 12.

Жизнь на Луне!

Автоматическая буровая установка ЛУБУР, действующая на Луне в районе кратера Лемонье уже в течение четырех лет, завершает проходку девятого километра ствола сверхглубокой изыскательской шахты «Лемонье-3». Взятые с этих глубин образцы пород направляются для изучения на Землю. Как показывают результаты предварительного анализа *in situ*, в образцах вновь появились следы органических соединений, как это имело ме-

сто на глубинах от 3 до 5 км. Это оправдывает высказывавшиеся еще четверть века назад представления о том, что Луна является «окном в прошлое Солнечной системы»¹. В случае, если предварительные данные подтвердятся, они могут быть использованы для построения семислойной модели структуры верхнего покрова Луны и поставят под сомнение гипотезы ее эволюции, разрабатывавшиеся на протяжении последнего десятилетия.

«Лунное бурение», 1998, в. 27, р. 5.

¹ См.: «Природа», 1973, № 10, с. 17.

Художник П. Г. АБЕЛИН
Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР
Корректоры:
Т. М. АФОНИНА, Т. Д. МИРЛИС

Адрес редакции 117049
Москва, В-49, Мароковский пер.,
26.
Тел. 237-50-30, 237-22-97.

Подписано к печати 12/1-1978 г.
Т-03811
Формат бумаги 70×100 1/16
Бум. л. 5
Уч.-изд. л. 16,8. Усл.-печ. л. 13,0
Тираж 85 000 экз. Зак. 2890

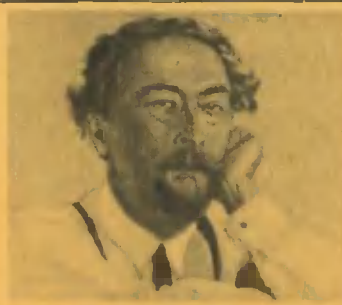
Чеховский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. г. Чехов Московской области.



В следующем номере

Полученные в течение последних десяти лет нелинейные узкие оптические резонансы позволили разработать методику нелинейной лазерной спектроскопии сверхвысокого разрешения — новый эффективный инструмент исследования структуры вещества на атомно-молекулярном уровне.

В. С. Летохов, В. П. Чеботаев. Нелинейные узкие резонансы в оптике и их применение.



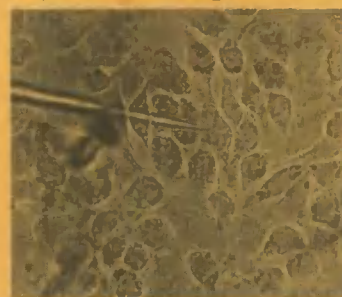
Решение проблемы промышленного производства синтетического каучука в 30-х годах позволило СССР обеспечить растущие потребности в этом важном стратегическом сырье за счет собственных ресурсов.

В. А. Волков. Девиз «Диолефин».



Земля тектонически асимметрична. Эту асимметрию придает ей Тихий океан, занимающий на планете огромную площадь. Новейшие исследования Луны, Марса и Меркурия с помощью автоматических межпланетных станций показывают, что тектоническая асимметрия свойственна и другим планетам Солнечной системы.

Ю. М. Пушаровский, В. В. Козлов, Е. Д. Сулиди-Кондратьев. Тектоническая асимметрия Земли и других планет.



Открытый недавно принципиально новый способ клеточного общения — возможно, один из древнейших механизмов клеточных коммуникаций, сохранившийся в ходе эволюции.

Г. В. Потапова, М. В. Беркинблит. Высокопропускаемые клеточные контакты.



Электронно-дырочные капли — это необычное возбужденное состояние кристалла, охватывающее макроскопическую область. Исследование такой системы дает уникальную возможность моделирования свойств вещества в широком диапазоне плотностей от идеального газа до сильно сжатой металлической плазмы.

В. С. Багаев, Я. Е. Покровский. Электронно-дырочные капли в полупроводниках.

ПРИРОДА

ПРИРОДА

ПРИРОДА

ПОПУЛЯРНЫЙ ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЙ
Ж * У * Р * Н * А * Л
ИЗДАВАЕМЫЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК СССР



1925

ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ
ГОД ИЗДАНИЯ

№ 1
И Я В А Р Ъ
1938



АКАДЕМИИ НАУК СССР



ПОПУЛЯРНЫЙ
ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ
ИЗДАВАЕМЫЙ
АКАДЕМИЕЙ НАУК
СССР

№ 1 Я Н В А Р Ъ 1937
ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Природа

ПРИРОДА



Цена 50 коп.
Индекс 70707

1933



ПРИРОДА

И Я В А Р Ъ
1956

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ

ПРИРОДА

