



3

1 9 4 7

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 3 1947 г.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|---|
| О вращении и массе внегалактических туманностей. <i>Н. В. Петров</i> . . . | 2 |
| Электрические токи человеческого мозга. <i>П. И. Шпильберг, доктор медицинских наук</i> | 5 |

НАУКА НА СЛУЖБЕ ПЯТИЛЕТКИ

| | |
|--|----|
| Невинномысский обводнительный канал Кубань—Егорлык. <i>Б. И. Томаревский</i> | 10 |
| Значение радиоактивных элементов в жизни растений. <i>А. А. Дробков</i> . . | 14 |

В ПОМОЩЬ ЛЕКТОРУ

| | |
|---|----|
| Атомная энергия. <i>К. В. Астахов</i> | 19 |
|---|----|

БОГАТСТВА НАШЕЙ РОДИНЫ

| | |
|---|----|
| Государственные заповедники СССР. <i>С. М. Преображенский, кандидат географических наук</i> | 31 |
|---|----|

ЮБИЛЕИ И ДАТЫ

| | |
|---|----|
| Жизнь и творчество Дмитрия Ивановича Менделеева. К 40-летию со дня смерти. <i>Академик С. И. Вольфкович</i> | 35 |
| Как жил и работал Д. И. Менделеев. <i>Т. В. Волкова</i> | 42 |

НОВОСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ

| | |
|---|----|
| Разработка проблем реконструкции Москвы | 47 |
| Повышение надежности дальней передачи энергии | 47 |
| Новый электроинтегратор | 47 |
| Форельное хозяйство | 47 |
| Разное. | 48 |

О ВРАЩЕНИИ И МАССЕ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ ТУМАННОСТЕЙ

Н. В. ПЕТРОВ

На звездном небе в современные телескопы, кроме огромного количества хаотически разбросанных по небесному своду звезд, наблюдается много слабых туманных объектов. Их основная масса находится далеко за пределами нашей звездной системы Млечного пути, которую иначе называют Галактикой. Эти на первый взгляд незаметные и мало интересные туманные объекты в действительности являются огромными скоплениями звезд, во многом похожими на Млечный путь. Каждая из этих туманностей состоит из многих миллионов или миллиардов звезд, но они так далеко погружены в бездны мирового пространства, что до нас доходит всего лишь их слабое мерцание.

Наша звездная система вращается вокруг своего центрального ядра. Исследование этого вращения позволило астрономам определить такую важную для современной астрофизики величину, как общую массу Галактики. Она оказалась равной 160 миллиардам масс Солнца.

Какова же масса других звездных систем, обычно называемых внегалактическими туманностями, которые в большом изобилии видны на звездном небе?

Для определения масс внегалактических туманностей нужно было найти скорости их вращения. Выполнение же последней задачи затруднялось из-за слабой видимости исследуемых объектов для фотографирования их спектров. До последнего времени имелось всего лишь два более или менее надежных определения скорости вращения внегалактических туманностей. Оба они были найдены спектроскопическим путем американским астрофизиком Пизом в 1916—1918 гг. Несмотря на то, что Пиз пользовался 60-дюймовым рефлектором Моунт-Вилсоновской обсерватории, для получения более или менее хороших фотографий спектра приш-

лось экспонировать пластинки по 80 часов. Только благодаря таким экспозициям удалось получить удовлетворительные для изменений спектрограммы.

Спектральные линии на спектрограммах были наклонными. Постепени их наклонности можно было судить о скорости вращения исследуемых областей этих небесных тел. Концы каждой наклонной линии спектра соответствовали краям туманности, а промежуточные точки этой линии представляли скорости вращения промежуточных областей, расположенных между краями и центром туманности.

Пизом были получены спектрограммы большой спиральной туманности в созвездии Андромеды и так называемой эллиптической туманности в созвездии Девы. Исследование этих спектрограмм показало, что скорость вращения туманностей увеличивается с увеличением расстояния от их центра.

На расстоянии 150 дуговых секунд от центра скорость вращения спиральной туманности в созвездии Андромеды оказалась равной 72 км в секунду, а нарастание скорости от центра к краям — почти линейным.

Для эллиптической туманности в созвездии Девы скорость вращения на расстоянии 150 дуговых секунд оказалась равной 417 км в секунду. Восточный край этой туманности удаляется от нас, а западный край приближается.

Более подробно результаты Пиза представлены нами на рисунках 1 и 2, где по горизонтальной оси отложено расстояние от центра туманности, а по вертикальной оси — значение линейной скорости вращения. Полученные скорости вращения позволили установить массы обеих туманностей. Действительно, предположим частицу туманности с массой m ,двигающейся по круговой орбите с линейной скоростью v . При таком движении сила притяжения

между движущейся частицей и центральной частью туманности должна быть равна центробежной силе, возникающей при вращении массы m , т. е.

$$\frac{m v^2}{r} = f \cdot \frac{M \cdot m}{r^2},$$

где M — масса центральной части туманности, r — расстояние от исследуемой точки до центра, f — так называемая гравитационная постоянная, равная $6,67 \cdot 10^{-8}$ дин см² г⁻².

Из только что полученной формулы простым преобразованием легко найти выражение для массы туманности (M). Оно имеет вид:

$$M = \frac{r \cdot v^2}{f}.$$

Используя данные, полученные Пизом, и подставляя их в указанную формулу, известный американский астрофизик Э. Хейбл нашел, что масса центральной части туманности Андромеды равна 3,5 миллиарда масс Солнца, а масса туманности в созвездии Девы равна 2 миллиардам масс Солнца.

Полученное значение масс внегалактических туманностей оказалось таким образом во много десятков раз меньше массы нашей Галактики. Это было довольно странно, так как по своим размерам звездная система Млечного пути мало отличается от таких больших внегалактических туманностей, как туманность в созвездии Андромеды, однако масса ее оказалась в несколько десятков раз больше массы этих туманностей.

Это противоречие было устранено работами американских астрономов Бэбкока, Хейбла и Синклера Смита.

В 1936 г. молодой американский астроном Синклер Смит, работавший на Моунт-Вилсоновской обсерватории, опубликовал результаты произведенных им спектроскопических исследований внегалактических туманностей скопления в созвездии Девы. Он исследовал лучевые скорости тридцати наиболее ярких внегалактических туманностей из этого скопления и выделил те из них, которые имели заметные лучевые скорости вращения около общего центра скопления туманностей. Найдя скорости вращения около общего центра, он смог определить суммарную массу всего скопления. А затем, подсчитав по фотографиям общее число входящих в скопление внегалактических туманностей, он определил среднее значение массы отдельной внегалактической туманности.

В окончательном итоге Синклер Смит нашел, что средняя масса внегалактической туманности из скопления в созвездии Девы равна 200 миллиардам солнечных масс, т. е. примерно такая же, как и масса нашей Галактической звездной системы. Но этот

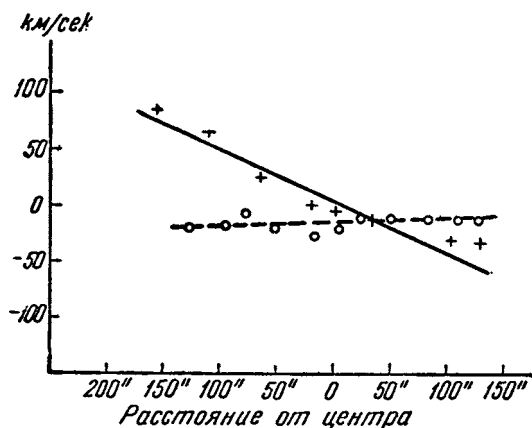


Рис. 1

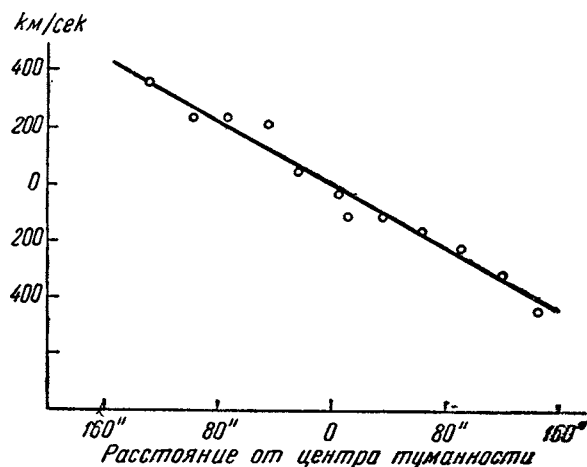


Рис. 2

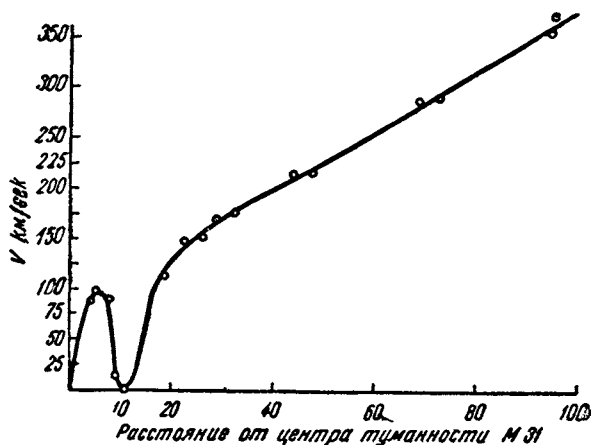


Рис. 3

результат Синклера Смита не мог претендовать на точность и вызывал законные сомнения в правильности полученного значения массы.

Окончательно этот вопрос был разрешен недавно опубликованными исследованиями Бэбкока и Хеббла. В результате своих исследований они с полной очевидностью показали, что те значения масс, которые были получены на основании работ Пиза и которые принимались раньше за массы внегалактических туманностей, ни в коей мере не характеризуют их реальную величину, а представляют собой всего лишь значение масс центральных, наиболее ярких частей, т. е. дают величину массы так называемых ядер внегалактических туманностей.

Пиз исследовал скорости вращения областей туманностей, расположенных всего лишь на расстоянии в 2,5 дуговых минуты от их центра, поэтому мы совершенно ничего не знали о скорости вращения других, более далеких частей внегалактических туманностей, а потому не знали также, какова их масса. Для того чтобы получить значение всей массы, требовалось произвести определение лучевых скоростей как можно более далеких областей туманностей. Такого рода исследования и были произведены в последнее время Бэбкоком и Хебблом на Ликской и Моунт-Вилсоновской обсерваториях. Они исследовали вращение внегалактических туманностей в созвездии Андромеды и в созвездии Треугольника (так называемые спиральные туманности М 31 и М 33).

Спектры этих внегалактических туманностей были получены с помощью специальных светосильных небулярных спектрографов¹, присоединенных к 36-дюймовому рефлектору Ликской обсерватории и 100-дюймовому рефлектору Моунт-Вилсоновской обсерватории.

Более детально была изучена внегалактическая туманность в созвездии Андромеды (М 31). Для нее удалось исследовать вращение областей, удаленных от центра на 96,5 дуговых минуты.

Исследование полученных спектрограмм показало, что центральные части туманности вращаются со значительной линейной скоростью, достигающей на расстоянии 3 дуговых минут 90 км/сек, а на расстоянии 4 дуговых минут 100 км/сек. При дальнейшем удалении от центра скорость вращения начинает быстро убывать и на расстоянии 10 дуговых минут достигает нуля. После этого скорость вращения снова быстро возрастает и достигает на расстояниях в 30; 69,2 и 96,5 дуговых минуты соответственно 160, 280 и 375 км/сек (рис. 3).

¹ Прибор для спектрального изучения (анализа) туманностей.

По этим данным масса внегалактической туманности в созвездии Андромеды исчисляется в 102 млрд. солнечных масс, т. е. фактически почти такая же, как и масса нашей Галактической звездной системы.

Более подробные данные для 4 частей туманности, ограниченных сферами с радиусами от 0 до 4, от 4 до 32,1, от 32,1 до 69,2 и от 69,2 до 96,5 дуговых минуты приведены нами в таблице.

| Расстояние от центра туманностей в минутах дуги | Скорость вращения в км/сек | Масса данного слоя в граммах | Масса данного слоя в долях массы Солнца |
|---|----------------------------|------------------------------|---|
| 4,0 | 100 | $1,11 \times 10^{42}$ | $0,56 \times 10^9$ |
| 32,1 | 203 | $19,3 \times 10^{42}$ | $9,75 \times 10^9$ |
| 69,2 | 280 | $60,6 \times 10^{42}$ | $30,6 \times 10^9$ |
| 96,5 | 375 | $120,3 \times 10^{42}$ | $60,7 \times 10^9$ |

| | | |
|-------------------------|------------------------|---------------------|
| Для всей туманности . . | $201,3 \times 10^{42}$ | $101,6 \times 10^9$ |
|-------------------------|------------------------|---------------------|

В туманности Треугольника лучевые скорости вращения изменялись проще, чем в туманности Андромеды. У нее линейная скорость вращения возрастает параллельно с увеличением расстояния от центра. На расстоянии 5 и 15 дуговых минут скорость вращения равна соответственно 50 и 125 км/сек, а на расстоянии около 30 дуговых минут, по предварительным данным, скорость вращения равна 200 км/сек.

Используя эти данные для определения массы туманности Треугольника, нашли, что она равна 10 — 12 млрд. масс Солнца. Это во много раз меньше массы нашей Галактической звездной системы. Но это обстоятельство не должно нас смущать, так как туманность М 33 в созвездии Треугольника является звездной системой, значительно меньшей по размерам, чем наша Галактическая звездная система.

Эти вновь полученные цифры для массы внегалактических туманностей значительно ближе к их реальной величине, но все же несколько меньше ее, так как исследования скорости вращения не были проведены до самых крайних границ туманностей. Принимая во внимание это обстоятельство, можно думать, что вся масса внегалактической туманности в созвездии Андромеды равна примерно 150 миллиардам масс Солнца, а вся масса внегалактической туманности в созвездии Треугольника — примерно 20 миллиардам масс Солнца.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТОКИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО МОЗГА

•

*П. И. ШПИЛЬБЕРГ,
доктор медицинских наук*

В последние 10 лет развилась новая область науки, дающая возможность объективного—физиологического исследования деятельности центральной нервной системы,—это учение об электрических токах головного мозга.

Перенесемся мысленно в лабораторию, где изучаются электрические явления в мозгу человека. Перед нами комната, стены которой сделаны из двойного слоя металла для ограждения от внешних электромагнитных колебаний. В комнате темно, тихо. Человек сидит или лежит спокойно, с закрытыми глазами. К его голове прикреплены две маленьких серебряных пластинки—электроды, которые проволочками присоединены к ламповому усилителю. Электрические колебания мозга, усиленные в десятки тысяч раз при помощи усилителя, подаются на регистрирующий прибор—осциллограф. В шлейфовом осциллографе электрические токи мозга колеблют петлю с освещенным зеркальцем; колебания светового пучка отражаются на матовом стекле, а также улавливаются движущейся фотобумагой: в катодном осциллографе они колеблют катодный луч, а в чернильно-пишущем осциллографе приводят в движение перо, которое записывает на бумаге кривую.

На матовом стекле осциллографа можно часами наблюдать электрические колебания мозга человека, их можно изучать по записанной на бумаге кривой, называемой электроэнцефалограммой (от греческого *enkephalos*—мозг), можно также выслушивать их с помощью громкоговорителя или наушников. Каждый человек может сам выслушивать ритмы собственного мозга—они напоминают шум прибора морских волн, куда иногда врывается рокот бури.

Раньше вообще представляли себе мозг как инертную массу, которая сама не деятельна, а способна

только отвечать на нервные раздражения. Но 70 лет назад русский физиолог Данилевский сделал важное открытие. Приставляя металлические пластинки—электроды—к мозгу животных с вскрытым черепом и присоединяя их проволочками к чувствительному регистрирующему прибору—гальванометру, он обнаруживал колебания тока. При нервных раздражениях—светом или звуком трубы—электрические колебания мозга усиливались. Ученый полагал, что этим способом можно будет изучать психофизиологическую деятельность мозга. Одновременно с Данилевским и независимо от него электрические токи мозга у животных открыл и английский ученый Кэйн.

Установление факта наличия электрических токов мозга было поразющим, невероятным и, может быть, этим объясняется то обстоятельство, что ученые того времени не оценили важности этого открытия. На протяжении почти 60 лет отдельные исследователи в разных странах только повторяли подобные опыты и подтверждали первые данные.

Одновременно шло развитие техники. В физиологию проникли усилительная лампа и тонкие регистрирующие приборы—осциллографы, способные передавать без искажений чрезвычайно слабые электрические колебания мозга, напряжение которых обычно 40—50 миллионных долей вольта (микровольт). Было установлено, что электрические колебания мозга животных можно улавливать и через кости и кожу неповрежденного черепа, а отсюда уже открылся прямой путь к изучению этих явлений у человека.

В настоящее время не вызывает сомнений тот факт, что регистрируемые с поверхности черепа человека электрические колебания не связаны ни с пульса-

цией артерий, ни с деятельностью желез или мышц; они возникают в мозгу в наиболее высокоорганизованной части его—в коре.

Электрические колебания мозга человека можно наблюдать, прилагая непосредственно к нему электроды во время операции; они ничем не отличаются от отводимых через череп, только несколько более высокого напряжения.

Какое же значение имеют электрические токи мозга человека для изучения механизмов мышления, восприятия, а также для клинических целей?

Наиболее интересная особенность электрических токов мозга человека—это характерный, почти регулярный ритм, с частотой 10 колебаний в секунду (10 герц),—так называемые волны альфа. На рис. 1 дана электроэнцефалограмма здорового человека (студента А. 22-х лет).

Регулярные электрические колебания мозга наблюдаются почти у всех здоровых людей и в течение длительного времени исследования. Между тем можно было бы ожидать, что ритм нашего мозга изменчив и во времени и у разных людей. Но дело в том, что улавливать электрические колебания мозга человека можно только в условиях исключительного покоя его. Человека, подвергающегося исследованию, усаживают в темную звуконепроницаемую комнату, создавая нечто вроде «башни молчания» Павлова. У людей, впервые приходящих на исследование и настороженных в непривычных условиях, часто не удается обнаружить сразу эти регулярные колебания мозга. Но вот проходит некоторое время, человек свыкается с обстановкой, и тогда появляется четкий ритм мозга. Таким образом, регулярные электрические колебания мозга—волны альфа—представляют собой токи спокойного мозга, когда внимание человека ни к чему не привлечено. Однако, при общем сходстве ритмов мозга у разных людей, у каждого человека они все же отличаются свойственными ему особенностями, которые сохраняются в течение многих месяцев исследований. Индивидуальные особенности электрических колебаний мозга человека передаются по наследству. Это особенно отчетливо наблюдается нами при наследственной эпилепсии, когда одни и те же ненормальные разряды обнаруживались иногда в электроэнцефалограммах у членов одной и той же семьи.

В первые дни жизни новорожденного ребенка электрические колебания мозга отсутствуют, они появляются вместе с началом деятельности соответствующих центров мозга. Так, в двигательной области они появляются на 7-й—9-й день, а в зрительной области через 3—4 недели, когда ребенок начинает узнавать и хватать предметы. Но токи мозга детей отличаются от токов мозга взрослых. Здесь нет еще обычных у взрослых волн альфа, а имеются более

медленные колебания. По мере роста ребенка электрические колебания мозга становятся все чаще, и к 14—16 годам они достигают нормы взрослых.

Ритмическая деятельность мозга продолжается во время сна, но в измененном виде,—имеются только медленные волны. Интересно, что шум мотора в соседней комнате не влияет на ритмы мозга спящего, но достаточно раздаться звуку шагов или шороху бумаги в той комнате, где спит человек, как они резко изменяются. Для объяснения этого явления следует вспомнить указание Ивана Петровича Павлова о наличии в коре мозга «сторожевых пунктов», бодрствующих в то время, когда весь мозг охвачен сонным торможением. Общеизвестно, например, что спящая мать пробуждается и вскакивает при слабом крике ребенка, хотя продолжает крепко спать при самом сильном шуме.

Если задать человеку решить в уме задачу, регулярные волны исчезают, а вместо них появляются быстрые колебания. При напряженной умственной работе частота волн доходит до тысячи в секунду. Быстрые волны продолжают все время, пока человек решает задачу, а затем возвращаются регулярные волны альфа. На рис. 2 дана электроэнцефалограмма при решении в уме задачи. Наблюдая на экране осциллографа в другой комнате изменение токов мозга в таком опыте, можно почти безошибочно сказать, когда человек начал решать задачу и когда кончил.

Не только наличие регулярных волн поражает в исследованиях токов мозга человека. Если, регистрируя электрические колебания мозга человека, дать неожиданно какое-нибудь нервное раздражение, например, если в темной комнате вспыхнет свет лампочки или в тишине раздается звук, или если человек мысленно представит себе что-нибудь, регулярные колебания мозга внезапно исчезают и вместо них часто появляются быстрые колебания. Этот факт представляет исключительный интерес, так как мы знаем, что всякое неожиданное явление привлекает к себе внимание человека. На рис. 3 дана электроэнцефалограмма человека при освещении лампочкой в 4 вольта. Как это видно на рисунке, сразу после освещения волны альфа исчезли, причем эта депрессия волн продолжалась и по прекращении освещения.

Если дать свет или звук и затем не выключать раздражитель, то через некоторое время регулярный ритм мозга восстанавливается—мозг привыкает, приспособляется. Но если потом выключить этот длительный, ставший привычным раздражитель, то регулярные волны альфа снова исчезают. На рис. 4 дана электроэнцефалограмма человека при включении звука в 500 герц и 60 децибелл. По включении звука волны альфа уменьшились, затем восстановились, несмотря на продолжение звуча-



Рис. 1. Электроэнцефалограмма, здорового человека

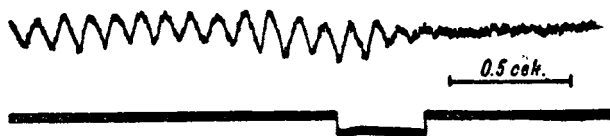


Рис. 3. Электроэнцефалограмма человека и ее изменение при освещении лампочкой в 4 вольта;
Внизу — спуск прямой линии — момент освещения



Рис. 2. Электроэнцефалограмма человека во время решения задачи:
а — до решения задачи, б, с — во время решения в уме задачи

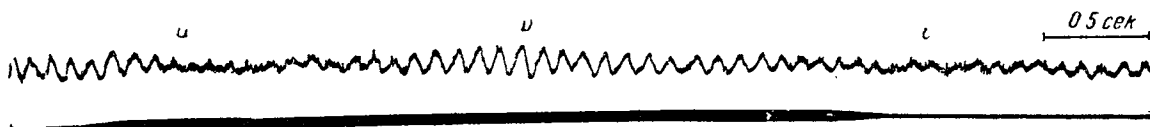


Рис. 4. Электроэнцефалограмма человека и ее изменение при звуковом раздражении:
Уменьшение волн при включении звука (а), восстановление альфа-волн при длительном звучании звука (б) и депрессия волн по выключении звука (с)

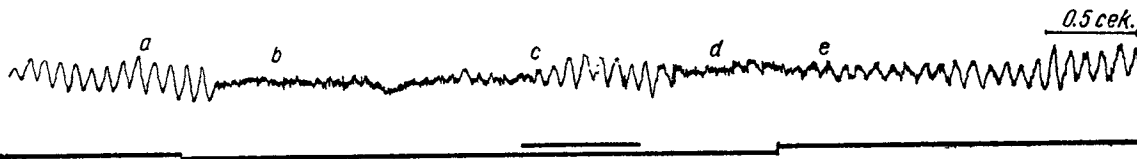


Рис. 5. Электроэнцефалограмма человека:
а — в покое, б — при включении света лампочки в 4 вольта, с — при горящем свете включен звук, d — звук выключен, е — свет выключен — электроэнцефалограмма восстановилась

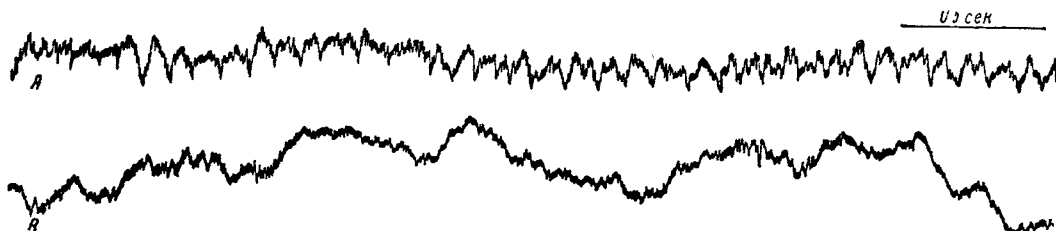


Рис. 6. Электроэнцефалограмма человека при правосторонней травме черепа:
А — запись с левой стороны, показывающая волны альфа в 10 герц; В — запись с правой стороны, — видны медленные волны дельта в 1 — 5 герц и волны альфа

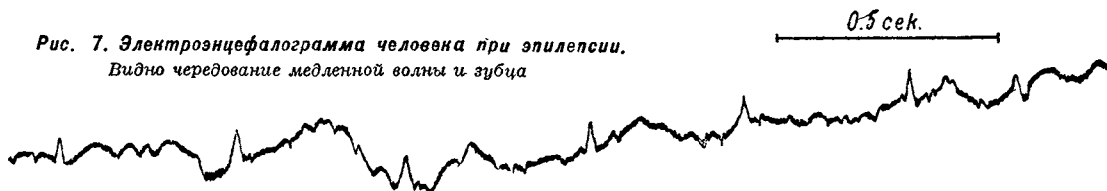


Рис. 7. Электроэнцефалограмма человека при эпилепсии.
Видно чередование медленной волны и зубца

ний. Выключение звука снова вызвало депрессию альфа-волн.

Эти явления всем хорошо известны—человек при-выкает и долго длящемуся раздражению, перестает обращать на него внимание и вновь настораживается, когда ставший привычным раздражитель прекращается. Замечательно, однако, то, что с помощью электроэнцефалограммы можно объективно наблюдать и записывать эти сложные изменения деятельности мозга, связанные с привлечением внимания.

Эти изменения токов мозга объясняются следующим. И в органах чувств при их деятельности, например, в глазу при освещении или в ухе при звучании звука, а также в мышцах при движениях, возникают электрические колебания. Записывая с помощью двух приборов токи мозга и глаза при его освещении, можно видеть, как возбуждение переходит от глаза через нерв в зрительный центр мозга. Здесь оно вступает во взаимодействие с токами мозга и либо отражается, либо видоизменяется, трансформируется.

Если освещать глаз мелькающим светом, то до определенной частоты глаз и мозг отвечают электрическими колебаниями в ритме мельканий света, а человек видит мелькающий свет. Подобное происходит и при звучании звука или при мышечной деятельности.

Иногда наблюдается исчезновение волн альфа электроэнцефалограммы без применения внешнего раздражения,—это значит, что испытуемый о чем-то подумал, что-то представил себе, либо это связано с раздражением от внутренних органов. Изменение ритмов мозга человека можно вызвать и условно-рефлекторно.

Особенно сложные явления наблюдаются в случае применения двух и больше раздражителей. Приведу такой пример. Возможность наблюдения реакции мозга на нервные раздражения может быть использована для исследований при глухоте или слепоте. В лабораторию был прислан человек, который в течение нескольких месяцев утверждал, что ничего не слышит.

При отведении у него тока от височной (слуховой) области волн альфа не было, а были только быстрые колебания; при отведении же от затылочной (зрительной) области регистрировались нормальные альфа-волны и наблюдалась реакция на световые раздражения.

Опыт был проведен следующим образом (рис. 5). Вначале записывалась регулярная электроэнцефалограмма от зрительной области (а), затем был дан свет (b), который привлек внимание испытуемого и вызвал исчезновение волн альфа в зрительной области. В это время был включен звуковой раздражитель (с), и внезапно волны альфа восстановились и снова исчезли, когда звук был выключен (d). Регу-

лярные альфа-волны восстановились только после выключения света (е). Так удалось наблюдать конкурентную борьбу двух возбуждений: начавшееся в зрительной области световое возбуждение прекратилось, сменилось торможением вследствие возникновения возбуждения в слуховой области, иначе говоря, возбуждение слуховой области звуком и раздражением дало повод к возникновению торможения, успокоения в зрительной области.

Возникновение взаимно противоположных процессов в нервной системе И. П. Павлов назвал индукцией. Электроэнцефалограмма позволила, таким образом, следить за тем, как с привлечением внимания к свету волны альфа исчезали из зрительной области и вновь появлялись в ней, как только внимание привлекал звук. Эти колебания внимания были связаны с тем, что человек этот в действительности слышал, что он и подтвердил. Таким образом удалось сопоставить объективные явления исчезновения и восстановления регулярных волн альфа при применении нервного раздражения с субъективным ощущением его и переключением внимания от одного раздражения к другому.

Мы видим, что электроэнцефалограмма позволяет, часто независимо от человека, видеть перемещение его внимания. В основе этого явления лежит борьба двух противоположных процессов в мозгу—возбуждения и торможения. Это дает возможность несколько заглянуть в тайники мозга человека и иногда против его воли увидеть то, что он тщательно скрывал.

Наличие регулярных колебаний мозга связано с общим состоянием организма. При недостатке кислорода или углекислоты, или сахара в крови, при истощении, малокровии после кровопотери эти колебания отсутствуют, и вместо них появляются медленные волны. Дело может дойти до полного прекращения электрических колебаний, но они быстро восстанавливаются, если сделать своевременно переливание крови или дать сахар, кислород.

При потере сознания нормальные волны мозговой деятельности также отсутствуют. После смерти электрические колебания мозга прекращаются.

При заболеваниях мозга—при нервных или психических болезнях—нормальные электрические колебания обычно отсутствуют, вместо них имеются более медленные или более быстрые, или особой формы разряды. Так, при травмах черепа, при сотрясении мозга появляются очень медленные, высокие беспорядочные волны, которые могут исчезнуть или замениться нормальными, если человек выздоравливает, но иногда остаются в месте ушиба, ранения или рубца, причем это может наблюдаться через много лет после травмы.

На рис. 6 дана электроэнцефалограмма человека, перенесшего травму черепа с правой стороны.

Запись при помощи двух шлейфов осциллографа и двух усилителей показывает с левой стороны нормальные волны альфа, частоты 10 в секунду. С правой стороны видны патологические (т. е. ненормальные, измененные вследствие заболевания) медленные волны—волны дельта с частотой 1—5 в секунду.

При опухоли мозга ненормальные медленные волны наблюдаются при отведении от пункта черепа прямо над опухолью, а от остальных областей мозга регистрируются часто нормальные волны. Так электрические токи мозга помогают установить наличие и точное расположение болезненного очага в мозгу, что чрезвычайно важно для распознавания заболеваний и его лечения.

Наиболее сильные изменения электрических колебаний мозга наблюдаются при эпилепсии: появляются особой формы разряды—острые зубцы, которые иногда чередуются с медленными волнами, причем такое чередование медленной волны и зубца бывает только при эпилепсии. При эпилепсии, связанной с перенесенной травмой мозга, такие ненормальные электрические колебания отводятся часто только от ограниченного пункта головы, где находится рубец или пуля, осколок.

На рис. 7 дана электроэнцефалограмма больного К., страдавшего судорожными припадками после перенесенного ранения мозга. Здесь видно чередование медленных волн 2—3 в секунду и острых быстрых зубцов

Особенно драматична картина токов мозга при эпилептическом припадке, когда ненормальные разряды иногда вырастают до колоссальных размеров, измеряясь уже в тысячных долях вольта—милливольтах. И очень тяжело бывает видеть, как в остальном здоровый человек лежит в полном сознании, не в силах что-либо сделать против страшных судорог, потрясающих иногда только одну половину тела, а прибор показывает мощные разряды, несущиеся из маленького очажка в мозгу.

—Наличие характерных изменений электрических потенциалов мозга, специфических для эпилепсии, а также возможность точно распознавать патологический очаг в мозгу (опухоль, травматическое повреждение) по ограниченному фокусу патологических волн является наиболее ценным практическим достижением в области электроэнцефалографии.

При нормальном состоянии человека, находящегося в покое, в электроэнцефалограмме регистрируются регулярные волны альфа. Стойкое отклонение ритмов мозга в сторону более медленных или более быстрых или измененных по форме волн свидетельствует о патологических изменениях мозга и может быть использовано для диагности-

ки, а также для оценки течения процесса и его лечения.

Такое заболевание, как шизофрения, у разных больных дает разную картину электрических колебаний. Здесь могут быть стойкие нормальные волны, которые трудно сбить чем бы то ни было, или медленные волны, но чаще всего быстрые разряды, причем наличие быстрых колебаний соответствует состоянию возбуждения больного.

Изучая электрические колебания мозга у психически больных можно видеть стойкие медленные волны, отражающие состояние торможения, или быстрые колебания, связанные с возбуждением, а это имеет исключительное значение для лечения больного средствами возбуждающими или, наоборот, успокаивающими.

Вспоминается такой случай. Некто К. после тяжелого переживания психически заболел—перестал отвечать на вопросы и т. д. Его стали лечить возбуждающими средствами. Исследования электроэнцефалограмм показывали наличие стойких быстрых колебаний. Это означало, что под внешним покоем скрывалось состояние перевозбуждения, или, по Павлову, патологической инертности возбуждательного процесса. И действительно, через несколько дней у больного началось сильное возбуждение. Очевидно, лечить его надо было не возбуждающими, а успокаивающими средствами.

Великий физиолог Иван Петрович Павлов считал соотношение двух противоположных процессов в коре мозга—возбуждения и торможения—основным законом высшей нервной деятельности.

Изучение электрических токов мозга показывает, как в норме протекает борьба этих двух процессов: нормальные волны то сменяются медленными—во время сна, при утомлении, натошак, то снова восстанавливаются, то сменяются быстрыми во время деятельности.

При заболевании мозга наблюдаются часто те же электрические колебания, что и в нормальном мозгу, те же нормальные, медленные или быстрые колебания, но они становятся стойкими—отсутствует или затруднена смена одних электрических колебаний другими, т. е. количество переходит в качество, определяя иное состояние мозга—болезнь.

Мы видим, таким образом, что молодая наука—учение об электрических токах мозга человека—уже дает нам кое-что для понимания психической деятельности и очень много для целей клинических.

С ростом техники и появлением все более совершенных приборов наши возможности распознавать тайны мозговой деятельности будут все более возрастать.

НЕВИННОМЫССКИЙ ОБВОДНИТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ КУБАНЬ—ЕГОРЛЫК

Б. И. ТОМАРЕВСКИЙ

Ставропольский край лежит в центральной части Северного Кавказа. Всякий, кому доводилось пересекать Северный Кавказ с запада на восток, от Черного к Каспийскому морю, знает, как постепенно меняется ландшафт местности. Пышная флора Черноморского побережья по мере приближения к Каспию начинает оскудевать и, наконец, почти полностью исчезает в песчаной местности у его берегов. Западное побережье Каспия, покрытое бурунами,— самая засушливая зона во всей Европе. Здесь нет рек, атмосферные осадки выпадают в самом незначительном количестве.

Безводье резко ощущается во многих районах Ставрополья, прилегающих к Каспию. Весной, когда в почве имеются некоторые, накопленные за зиму запасы влаги, местные степи покрываются пышной зеленью. Но наступает лето, знойные ветры быстро выжигают травы и степь становится безжизненной. Высыхают пруды, оврага, небольшие реки.

Вода для жителей Ставрополья всегда была драгоценностью. Грунтовые воды здесь в своем большинстве горько-соленые. В Ипатовском, Апанасенковском и ряде других районов дождевую воду с крыш собирают для питья в цементные бассейны. Воду берегут, экономят. До революции сельское хозяйство восточной части Северного Кавказа давало ничтожно малые результаты. За 20 лет (с 1906 по 1925 г., когда крестьяне были единоличниками), средний урожай различных зерновых культур с гектара колебался в пределах 4—6,95 ц. Коллективный труд в колхозах, введение севооборотов, применение современных приемов агротехники на полях, широкая механизация сельского хозяйства значительно увеличили урожай хлеба в Ставрополье.

Колхозники научились выращивать урожай колосовых по 100—120 и более пудов с гектара. Однако изменить природный и экономический облик Ставрополья и создать возможности дальнейшей интенсификации сельского хозяйства могло только строительство оросительной системы. Бирюзовые льды вершин могучего Эльбруса порождают потоки воды, щедро низвергающиеся в низины. И только одна рожденная ими река Кубань подходит к Ставрополью, но и та, описав у города Невинномысска петлю, уходит в благодатный Краснодарский край.

Много лет раздумывали люди, как бы заставить Кубань перелить хоть часть своей воды в пересыхающую летом ставропольскую реку Егорлык, которая равнесла бы ее по жаждущим степям (20 км отделяли друг от друга эти реки), но на пути осуществления этой мечты стояла непреодолимая глухая стена самодержавия. Все ходатайства населения оставались без внимания.

Работы по обводнению и орошению Северного Кавказа начались после того, как отгремела гражданская война. В своем письме к коммунистам Кавказа Владимир Ильич Ленин писал в апреле 1921 г.:

«Орошение особенно важно, чтобы поднять земледелие и скотоводство во что бы то ни стало... Орошение больше всего нужно и больше всего пересоздаст край, возродит его, похоронит прошлое, укрепит переход к социализму».

Вскоре же на Ставрополье начались ирригационные работы. Уже к 1935 г. было построено около 500 км магистральных каналов, забиравших воду в Тереке, Куме и Малке. Всего было обводнено свыше полмиллиона гектаров земли. Об объеме произведенных работ можно судить по тому, что было

вынуто 8 млн. кубометров земли, уложено 19 тысяч куб. м бетона, сделано 59 тысяч куб. м плотничьих работ. Воду получили Советский, Стейновский, Курский, Ногайский и ряд других районов. Резко поднялась урожайность колхозных полей, появились фруктовые сады, виноградники, улучшилось материальное благосостояние членов сельхозартелей. В станицах и селах зажглись лампочки Ильича.

Эти работы были лишь началом создания грандиозных ирригационных сооружений на Ставрополье. В 1935 г. Центральный Комитет ВКП(б) и Совет Народных Комиссаров СССР приняли специальное постановление, в котором указывалось:

«В ознаменование 15-й годовщины освобождения Ставрополья от белых и активнейшего участия трудящихся Ставрополья в Красной Гвардии и Красной Армии, удовлетворить ходатайство ставропольских колхозников об организации и проведении мероприятий, полностью обеспечивающих сельское хозяйство Ставрополья водой».

Проект Невинномысского обводнительного канала Кубань — Егорлык является одной из грандиозных строек в нашей стране. Это будет новая большая река, рассчитанная на пропуск больше чем полмиллиарда ведер воды в сутки, т. е. примерно столько же, сколько проходит по каналу Москва—Волга.

Строительство Невинномысского обводнительного канала начато в 1936 г. и по решению Совета Министров СССР от 5 октября 1946 г. должно быть закончено в 1947 г. Об объеме строительных работ на канале можно судить по следующим цифрам. Первое в стране гидротехническое сооружение — Волховстрой — потребовало выемки 470 тыс. к. б. м земли. На Днепрострое объем земляных работ составил 8 млн. куб. м., на Большом Ферганском канале им. Сталина — 19 млн. куб. м, на Балтийско-Беломорском канале — 21 млн. куб. м. На Кубано-Егорлыкской оросительной системе должно быть вынуто 22,5 млн. куб. м земли. По объему бетонных работ ирригационные сооружения на Ставрополье также превосходят все наиболее крупные в стране, кроме Днепрогэс.

На строительство Кубано-Егорлыкской ороси-

тельной системы ассигнованы сотни миллионов рублей. Предусматривается сооружение гидроэлектростанций, водоснабжение городов, сел и станиц, орошение полей, садов, огородов, виноградников, рисовых плантаций, лесонасаждения по каналам.

Невинномысский обводнительный канал — народная стройка. В работах на ней ежегодно участвуют тысячи колхозников Ставрополья. Здесь творятся поистине чудеса трудового героизма. Люди строят, как они говорят, реку счастья. Каждый удар кирки и лопаты, каждый ковш экскаватора, каждый взрыв заряда аммонала приближают день окончательной победы. Люди поют:

Пойдет вода Кубань-реки
Куда велят большевики.

Многое здесь уже сделано. Вынесены миллионы тонн земли, уложены сотни тысяч кубометров бетона. Осталось сделать пятую часть всех строительных работ. На стройку непрерывным потоком поступают автомашины, тракторы, экскаваторы, цемент, железо, кирпич, известь, алебастр, лес.

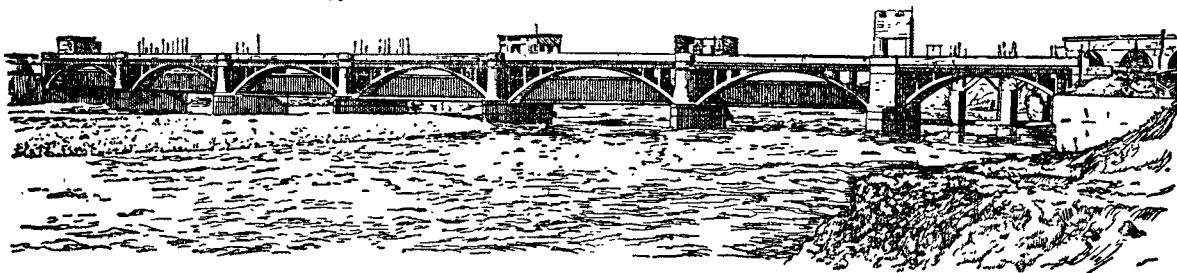
Громыхая железными цепями, непрестанно вгрызаются в грунт массивные ковши экскаваторов. Мощные «челябинцы», с трудом вытаскивают из канала наполненные землей механические лопаты-бенкера. Мягко шелестят ленты транспортеров, скрипят лебедки, режут бетономешалки, гудят отбойные молотки, чавкают в воде помпы... Невинномысский канал — крупнейшая механизированная стройка.

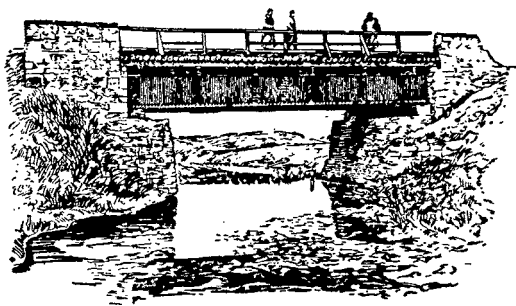
Что же представляет собой Невинномысский обводнительный канал и его дальнейшее развитие Кубано-Егорлыкская оросительная система?

Канал берет свое начало в трех километрах от города Невинномысска. Несколько лет назад, чтобы воздвигнуть водозаборную плотину в старом русле Кубани, реку отвели в новое временное русло.

В настоящее время головное сооружение канала уже почти полностью готово. Грандиозная плотина —

Панорама плотины головного сооружения





Стык реки Егорлык с каналом. Сюда в 1947 г. Невинномысский канал даст кубанскую воду

красивая и прочная — навеки легла поперек многоводной бурной Кубани. Советские конструкторы вложили в это монументальное гидротехническое сооружение всю творческую мысль, а рабочие и колхозники своим вдохновенным трудом осуществили ее. Пятнадцать ватворов плотины, приводимые в действие мощными подъемными механизмами, будут регулировать подачу воды в канал. Над главным упором плотины, отделяющим ее от аванкамеры, будет поставлен величественный монумент гения нашего народа, величайшего человека современности Иосифа Виссарионовича Сталина. Скульптура вождя изготавливается в мастерской скульптора Меркурова. В один из дней 1947 г. коллектив строителей взорвет перемышку, и Кубань, бурля и пенясь, хлынет в нижние бьефы водобойных колодцев плотины.

«Река счастья» потечет от головного сооружения по уже подготовленному для нее ложу канала шириной в 35 м и глубиной 4 м

На втором километре канала будет возвышаться красиво оформленный мост. Он будет стоять на четырех железобетонных опорах и иметь металлическое пролетное строение. Его проезжая часть шириной в 9,5 м сможет принимать нагрузку до 65 т.

На седьмом километре канал пересекает на своем пути маленькую речку Барсучки, которая во время паводков несет более пятисот кубометров воды в секунду. Чтобы пропустить воду Кубани по каналу, здесь строится дюкер¹, проходящий под речкой Барсучки. Дюкер состоит из нескольких железобетонных труб, каждая длиной в 103 м, и такой ширины, что через нее свободно проезжают автомашины.

Справа от канала уходит на восток гряда возвышенностей Стрежаменты, а на двенадцатом километре кубанская вода подойдет к подножью горы Свистухи. Здесь сооружается гидроэлектростанция.

Первая очередь гидроэлектростанции будет пущена в 1947 г., одновременно со сдачей в эксплуатацию Невинномысского обводнительного канала.

Строительство энергетического центра Ставропольского края — Свистухинской ГЭС — идет полным ходом. Завершены почти все земляные работы, действуют подсобные предприятия — бетонный завод, электростанция, механические мастерские. Заложены фундамент машинного здания гидроэлектростанции, смонтированы всасывающие трубы турбин. Начата подготовка к строительству линии передачи тока в краевой центр — Ставрополь, к сооружению понижающей подстанции, жилых домов, клуба, школы, здания управления ГЭС.

На тридцатом километре трассы канала пересекает гора Недреманная, которая возвышается над горизонтом воды более чем на 60 м. Обойти гору воде здесь невозможно ни с какой стороны, а провести через нее открытый канал представляет огромные технические трудности и требует колоссальных затрат. Для этого потребовалось бы вырыть канал глубиной до 62 м и шириной в несколько сот метров. Советские инженеры пошли по другому пути — в горе Недреманной было решено пробить тоннель длиной около 6 км.

Этот тоннель — самое сложное гидротехническое сооружение Невинномысского канала. Для ускорения его проходки было построено 9 механизированных шахт. Проходка была начата двумя работавшими на строительстве Московского метрополитена щитами и пневматическими перфораторами. Тоннель имеет овальное сечение. Высота его 5,25 м, наибольшая ширина — 4,85 м. Ежесекундно он будет пропускать 75 куб. м воды. В этой подземной бетонированной «пещере» свободно могут проходить поезда.

Технические материалы, оборудование и другие грузы подаются в тоннель через шахты посредством механизированных клетей. Таким же способом выдвигается на поверхность порода. В этих же клетях спускаются под землю рабочие.

Проектировщики и строители канала предусмотрели все. На случай, если возникнет необходимость прекратить подачу воды в тоннель, но так, чтобы при этом продолжалась работа гидросооружений, перед каналом сделан так называемый катастрофический сброс, по которому вода может вновь направляться в Кубань.

Миновав тоннель, кубанская вода будет впадать в высохшее русло реки Егорлык. У станицы Новотроицкой путь Егорлыку преграждает огромная дамба. Здесь возникнет водохранилище емкостью до 130 млн куб. м, которое будет питать Лево-Егорлыкский и Право-Егорлыкский каналы. Кроме того, на базе Сенгилеевского озера в 18 км от города Ставрополя будет создано водохранилище размером в 100 кв. км, с помощью которого будет регулироваться нужный

¹ Участок водопровода или газопровода, прокладываемый под рекой, дорогой и пр.

водный режим во всей Кубано-Егорлыкской ирригационной системе.

Лево-Егорлыкский канал будет иметь протяженность в 215 км. и забирать из водохранилища у станции Ново-Троицкой 8,5 куб. м воды в секунду. Этот канал обводнит Егорлыкский и Ново-Александровский районы и часть восточных районов Краснодарского края. Другой Лево-Егорлыкский канал, длиной в 144 км, будет забирать 35 куб. м воды в секунду. Он обводнит и оросит Изобильненский, Труновский, Ипатовский, Апанасенковский и Дмитриевский районы Ставрополя. Кубанская вода даст воду пересыхающим летом речкам: Тагил Терновка, Калаусу, Кугульте, Карамыку, Томузловке, Буйвое, Айгурке и др

Длина всех каналов, отходящих от Егорлыка, достигнет 930 км. Естественные водостоки будут обводнены на протяжении 1 650 км.

Общая протяженность главной водной магистрали составляет почти 800 км, из коих 50 км приходится на Невинномысский канал, 386 км — на реку Егорлык и 360 км — на приток Дона — Западный Маныч.

С помощью плотин, воздвигаемых на Западном Маныче в Ростовской области и Ставропольском крае, а также шлюзов на реке Егорлык будет разрешена проблема судоходства на обеих этих реках. Многие глубинные районы Ставрополя в результате этого получат выход к железным дорогам, дешевые пути сообщения.

Невинномысский канал ускорит разрешение давно привлекающей внимание специалистов Манычской проблемы. От Дона до северных окраин Северного Каспия простирается болотно-озерная цепь — следы давнишнего водного пути между Черным и Каспийским морями. Подвод одного канала от Кубани, другого от Терека, строительство на Манычах крупных водохранилищ позволит, по мнению ученых,

вновь создать водный путь между Европой и Азией. Для Манычского судоходного канала Невинномысский канал будет иметь важное значение.

Кубано-Егорлыкская система обводнит 33 района Ставропольского и Краснодарского краев, Ростовской области. Обводняемая территория составит 2 млн. 800 тысяч гектаров. Невинномысский канал изменит экономический и географический облик Ставрополя. Каналы, реки и балки, широкие мероприятия по лесонасаждениям увлажнят его сухой климат. Миллионы пудов хлеба будут дополнительно давать Родине колхозы и совхозы края. В значительной степени разовьются другие отрасли хозяйства. Будет создано большое количество прудов и озер, в которых широко разовьется рыбководство промышленного значения. Сеть водоемов явится прекрасной базой для создания ферм водоплавающей птицы. Цветущие луга позволят широко развить пчеловодство. Улучшение пастбищ и водоснабжение превратят Северный Кавказ в край высоко развитого животноводства. Вода даст возможность расширить площади под хлопком, фруктовыми садами, виноградниками, овощами и картофелем.

Неизмеримо вырастут энергетические ресурсы Ставрополя. Кроме Свистухинской ГЭС, на Невинномысском канале намечено еще построить несколько больших и до 40 малых гидроэлектростанций, которые будут способствовать промышленному росту городов края. Электричество будет вращать станки в мастерских, приводить в движение мельницы, маслобойные заводы и крупорушки, электродоильные аппараты на животноводческих фермах, молотилки на токах, улучшит работу коммунальных предприятий, культуру и быт населения.

Волею большевиков голубые воды Кавказского хребта будут служить источником тепла, света, изобилия. На обновленной земле расцветет полная, счастливая жизнь.



ЗНАЧЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ

•
А. А. ДРОБКОВ

Вопрос о том, из каких химических элементов состоят живые организмы и какую роль в их жизни выполняют отдельные элементы, все время находится в центре внимания науки.

Тщательным изучением было установлено, что 99—99,5 % живого веса растительных и животных организмов составляют 10 химических элементов — углерод, водород, кислород, азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера и железо. На долю остальных химических элементов приходится меньше 1 %. На этом основании был сделан вывод, что для растительных и животных организмов необходимо ограниченное количество химических элементов, всего 10—15, получивших название макроэлементов. Все остальные были отнесены к случайным примесям.

Этот вывод вначале получил всеобщее признание, но опыты, проведенные разными учеными, не подтвердили его. Оказалось, что при внесении дополнительно к основным питательным веществам очень малых количеств бора, марганца, меди и других элементов, называемых микроэлементами ввиду весьма малого содержания их в живых организмах, растения лучше развивались и урожайность их повышалась. Более того, дальнейшие тщательно проведенные физиологические опыты показали, что при полном исключении из питательной смеси бора, цинка, меди, марганца, молибдена и др. растения не могут нормально развиваться, хотя обычное содержание этих элементов в растениях не превышает 0,001 и 0,0001 % живого веса.

Недостаток некоторых микроэлементов в животных организмах вызывает особые заболевания, например: зоб у человека и животных вызывается недостатком йода. А. П. Виноградов на основании своих работ приходит к следующему выводу: «Мы держимся того взгляда, что отрицать физиоло-

гическую роль какого-либо из 92 химических элементов в отношении того или другого организма у нас нет основания и тем больше тогда, когда данный элемент в нем постоянно встречается».

• • •

В 1896 г. французский ученый Беккерель открыл явление радиоактивности. Сущность этого явления состоит в том, что атомы некоторых элементов — урана, радия, тория, актиния, калия, рубидия и др., получивших название радиоактивных, подвержены непрерывному распаду, в результате которого выделяется огромное количество энергии в виде альфа-, бета- и гамма-лучей. Этот процесс происходит самопроизвольно, его нельзя нарушить никакими самыми мощными источниками энергии. Он происходит везде, где содержатся радиоактивные элементы, — в земной коре, атмосфере, гидросфере, в животных и растительных организмах.

Открытие радиоактивности привлекало широкое внимание мировой науки. За короткий срок оно коренным образом изменило понятие о строении окружающей нас материи и ее энергии. Прежде всего окончательно была поколеблена существующая с древних времен теория о неделимости атомов и стало известно, что внутри атомов сосредоточено огромное количество энергии, в миллионы раз превышающее ту энергию, которую способно выделить равное количество материи при известных нам химических реакциях.

В результате искусственного разрушения атомного ядра урана, современной наукой уже найдены пути практического использования внутриатомной энергии радиоактивных элементов.

Открытие явления радиоактивности поставило перед биологами новый важный вопрос — какое влия-

ние оказывают радиоактивные излучения (альфа-, бета- и гамма-лучи) на животные организмы, растения и микроорганизмы. В этом направлении проведены многочисленные исследования, накопилась уже большая литература. Мы не имеем возможности здесь останавливаться на ней подробно и укажем лишь главные результаты:

Было установлено, что воздействие излучений радиоактивных элементов на живые ткани тела вызывает местные воспалительные процессы, напоминающие ожоги, которые трудно поддаются лечению. При продолжительной работе с радиоактивными элементами наблюдается болезненное состояние пальцев, напоминающее обмороживание, задерживается рост ногтей и др. При действии радия на спинной и головной мозг наблюдается повышенное возбуждение центральной нервной системы и пр.

В дальнейшем, однако, выяснилось, что отрицательное действие радиоактивных элементов наблюдается только тогда, когда применяются высокие дозы. Низкие же дозы, наоборот, оказывают благоприятное действие. Например, при введении в полость желудка умеренных концентраций эманации¹ радия, значительно улучшается углеводный обмен в организмах и т. д. Интенсивные радиоактивные излучения были применены для излечения кожных опухолей — результаты оказались положительными. В настоящее время медицина широко использует эти результаты для борьбы с раковыми заболеваниями:

Между растительными и животными организмами существует известное сходство в физиологическом действии на них отдельных питательных элементов, в том числе и радиоактивных элементов. Основное различие между растительными и животными организмами состоит лишь в том, что растения сами создают органическое вещество из минеральных соединений, получаемых ими из почвы и из воздуха в то время как животные все питательные вещества получают исключительно за счет растений.

По количественному содержанию в живых организмах радиоактивные элементы относятся к макро-, микро- и ультрамикроэлементам. Но их отличительная особенность от других химических элементов состоит в том, что они, кроме химической энергии, постоянно выделяют внутриатомную энергию, как следствие радиоактивного распада атомов.

Изучению влияния радиоактивных элементов на развитие растений посвящено много работ. Исследования проводились в двух направлениях: изучалось влияние радиоактивных излучений на развитие растений и прорастание семян, кроме того,

¹ Эманация (от латинского слова *emanatio* — истечение) — газообразное вещество, в которое превращается радий при радиоактивном распаде его атомного ядра.

в полевых условиях изучалось действие радиоактивных элементов на урожай растений.

Вначале большинство опытов показало отрицательное действие радиоактивных излучений на растения: они вызывали задержку роста растений, пожелтение, опадание листьев и потерю всхожести семян.

Но, как потом выяснилось, неблагоприятные результаты были связаны преимущественно с применением чрезмерно высоких доз. В тех случаях, когда применялись умеренные дозы, радиоактивные излучения оказывали на растения положительное действие: как правило, облученные растения лучше развивались, всхожесть семян повышалась, и ускорялось их прорастание. Кроме того, профессор Венского университета Молиш установил, что под действием радиоактивных излучений нарушается зимний покой цветочных почек. В его опытах сирень, каштаны и тюльпаны зацветали зимой. В другом опыте он установил, что растения относятся к радиоактивным излучениям так же, как и к солнечному свету, т. е. они изгибаются в ту сторону, где находится препарат радия. В науке это явление называется положительным тропизмом (от греческого слова *tropos* — поворот). При внесении радиоактивных элементов в почву наблюдалось резкое увеличение урожаев, например: на опытной станции Колумбийского университета от внесения малых количеств радия в почву урожай огурцов увеличился на 35 %, кукурузы на 50 %, редиса на 70 %, дыни на 50 %.

Под влиянием этих опытов интерес к радиоактивным элементам настолько возрос, что в 1910 г. за границей были выпущены первые радиоактивные удобрения, но широкого применения они не получили, так как прибавки урожая не всегда оправдывали затраты на эти удобрения. Кроме того, в литературе приводится много случаев, когда радиоактивные удобрения совсем не оказывали никакого действия на увеличение урожая или даже снижали его.

Неудачи с практическим применением радиоактивных элементов в сельском хозяйстве и в других областях биологии следует приписать недостаточной изученности всего этого вопроса. В то время еще мало было известно, что радиоактивные элементы широко распространены в природе и особенно в живых организмах. Только последующие работы показали, что все растительные и животные организмы, как правило, содержат в своем составе радиоактивные элементы. Больше того, они концентрируют их в отдельных органах. Так, Канн установил, что мозг человека содержит значительно больше радия, чем другие органы тела. Советские ученые Бруновский и Кунашева нашли, что водное растение ряска концентрирует радия в сотни раз больше, чем его содержится в воде.

Радиоактивные элементы находятся во всех природных водах, во всех почвах, где только содержа-

ние урана и тория достигает 10^{-4} – 10^{-3} процента. Следовательно, растения постоянно усваивают радиоактивные элементы из почвы и воды, а животные организмы получают их за счет растительной пищи.

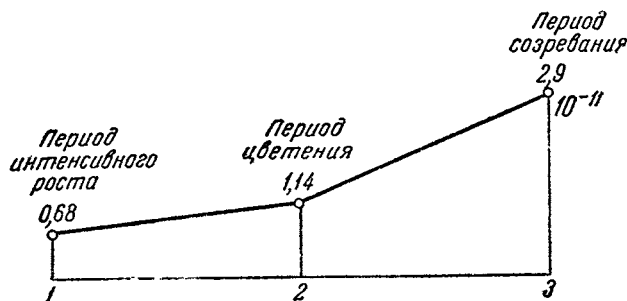
• • •

У нас в СССР изучением вопроса о том, в какой степени радиоактивные элементы нужны растениям и какое специфическое действие они оказывают на их развитие, занимается лаборатория Геохимических проблем им. В. И. Вернадского Академии Наук СССР. Мы приводим здесь краткое описание результатов этих работ.

Следует отметить, что изучение этих вопросов представляет большие трудности, так как современный уровень наших знаний не позволяет еще создать такую среду, где бы совершенно отсутствовало влияние радиоактивности, и самое главное, мы не можем исключить из питательной смеси такой важный элемент, как калий. Известно, что при отсутствии калия растения гибнут. Заменить его другими элементами нельзя. Нерadioактивного калия в природе нет. Калий излучает бета-лучи, с небольшим содержанием гамма-лучей, как следствие радиоактивного распада атома. Радиоактивность калия в тысячу раз меньше радиоактивности урана. Слабой радиоактивностью калия объясняется то обстоятельство, что он не оказывает вредного действия на растения, даже при высоком его содержании, тогда как ничтожно малые концентрации сильно радиоактивных элементов неблагоприятно влияют на растения. В наших опытах от внесения радия в количестве 10^{-6} г на 1 кг почвы цветочные почки у роз опадали, в то время как в тысячу раз меньшие концентрации улучшали рост растений и ускоряли их цветение (рис. 2).

В жизни растений радиоактивные свойства калия играют исключительно важную роль.

В вегетационных опытах мы изучали влияние



Поступление радия в растения в отдельные периоды роста. Надземные органы гороха — водные культуры

урана X_1 (одного из изотопов² урана), дающего такие же бета-лучи, как и калий, на урожай сахарной свеклы и ее сахаристость. Опытами установлено, что уран X_1 оказывает такое же физиологическое действие на растения, как и калий, именно: от внесения ничтожно малых количеств урана X_1 — 10^{-14} на 8 кг песка (что соответствует по радиоактивности обычному содержанию калия в питательной смеси) урожай сахарной свеклы резко увеличился и повысилась ее сахаристость.

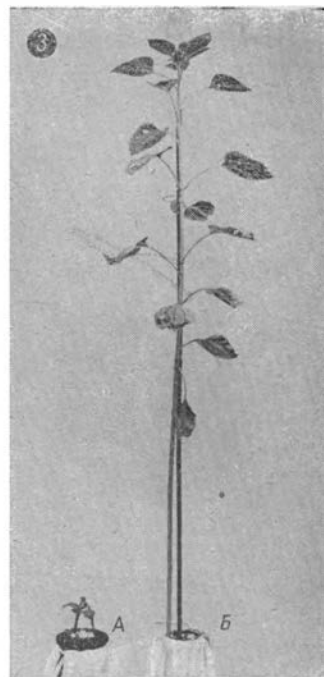
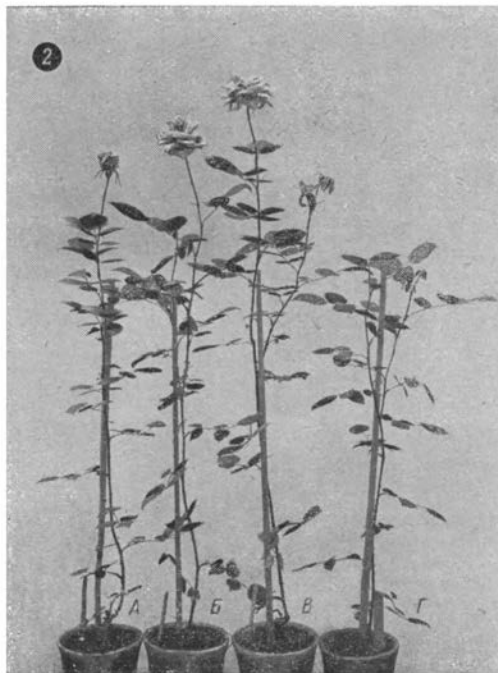
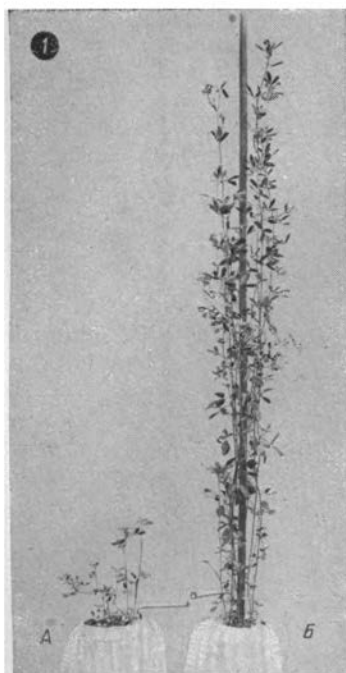
При помощи электронного счетчика нам удалось установить, что уран X_1 , так же как и калий, концентрируется в молодых органах растений.

Чтобы выяснить степень необходимости для растений радиоактивных элементов, проводились вегетационные опыты с водными культурами, причем применялись тщательно очищенные реактивы и дистиллированная вода. В результате оказалось, что на полной питательной смеси, но без дополнительного внесения радия, урана или тория, растения резко отстают в росте и цветочные почки не образуются (1, 3, 4, 5 и 6). Это означает, что радиоактивные элементы нужны растениям для нормального развития в такой же степени, как и другие питательные вещества. Если же удастся выращивать нормальные растения без внесения радиоактивных элементов, то это объясняется исключительно загрязненностью ими среды (рис. 10).

Как показали опыты, растения усваивают радиоактивные элементы в течение всего вегетационного периода, причем неравномерно. Больше всего они потребляют радия и урана во время цветения и созревания (см. диаграмму). Цифры показывают содержание радия в процентах 10^{-11} в пересчете на живой вес.

Затем мы проверили, как используются растениями радиоактивные элементы, внесенные в различной концентрации. Оказалось, что с увеличением дозы в питательной смеси повышается содержание радиоактивных элементов в растениях. Но более полно растения используют уран и радий в тех случаях, когда внесены самые низкие концентрации (см. диаграмму на 17 стр.). Во всех исследованных нами случаях концентрация радиоактивных элементов в растениях, считая на живой вес, оказалась значительно выше, чем в питательной среде. Так, содержание радия в горохе было в 16 раз, а актиния в 160 раз выше, чем в питательной среде. Наиболее благоприятными дозами для растений, развивающихся в водных и песчаных культурах, оказались 10^{-9} – 10^{-11} г радия и 10^{-4} и 10^{-5} урана и тория на 1 л питательного раствора или 1 кг песка.

² Изотопами называются химические элементы, различающиеся атомным весом, но очень близкие по своим химическим свойствам.



1. Люцерна — водные культуры.

А. Полная питательная смесь с микроэлементами, с тщательно очищенными реактивами и дистиллированной водой. Б. То же с радием.

2. Розы — почвенные культуры.

А. Контроль — почва с полным удобрением, без радия. Б. Внесен радий 10^{-8} г. на 1 кг. почвы. В. 10^{-6} г. Г. 10^{-4} г. (растения страдают)

3. Подсолнух — водные культуры.

А. Питат. смесь как 1 А. Б. То же с радием.

4. Лен — водные культуры.

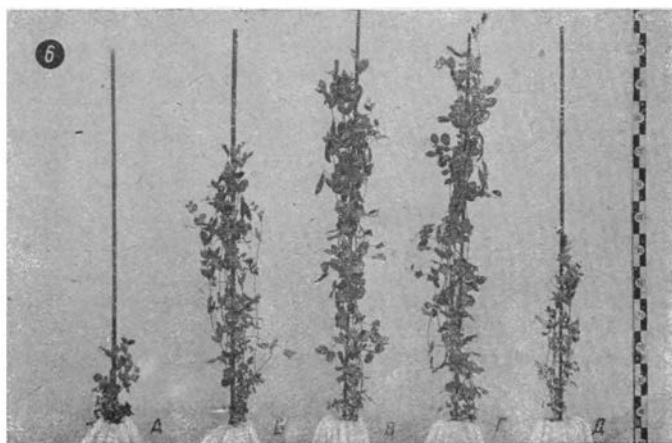
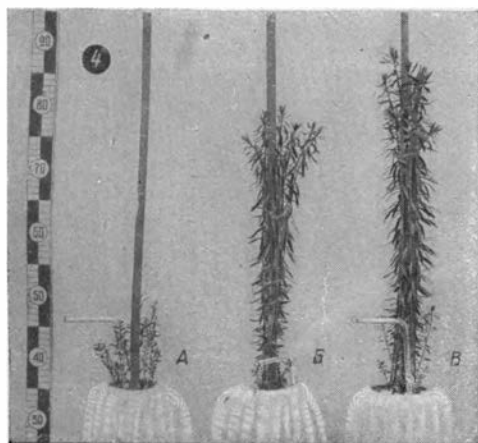
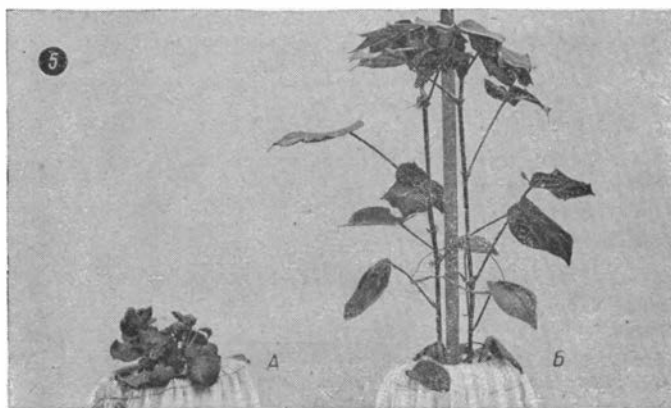
А. Питательная смесь как 1 А. Б. Внесен радий 10^{-10} г. на сосуд. В. 10^{-8} г.

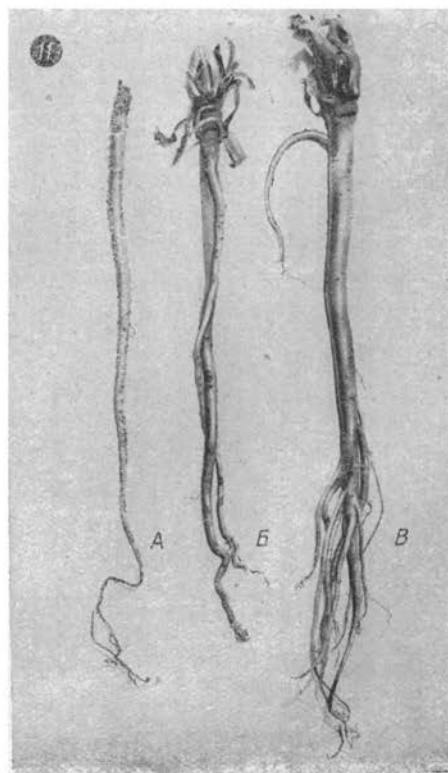
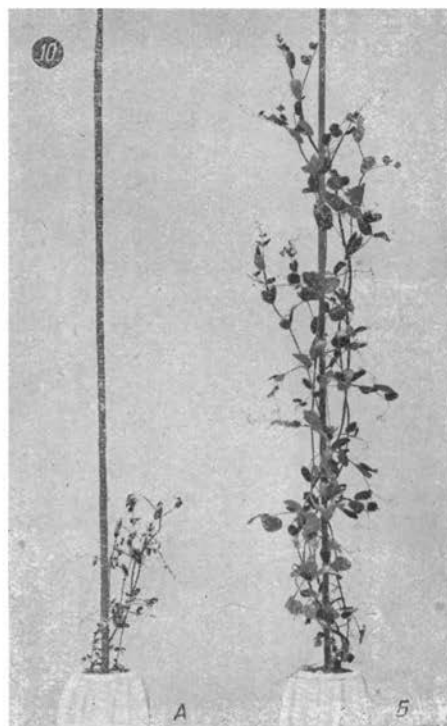
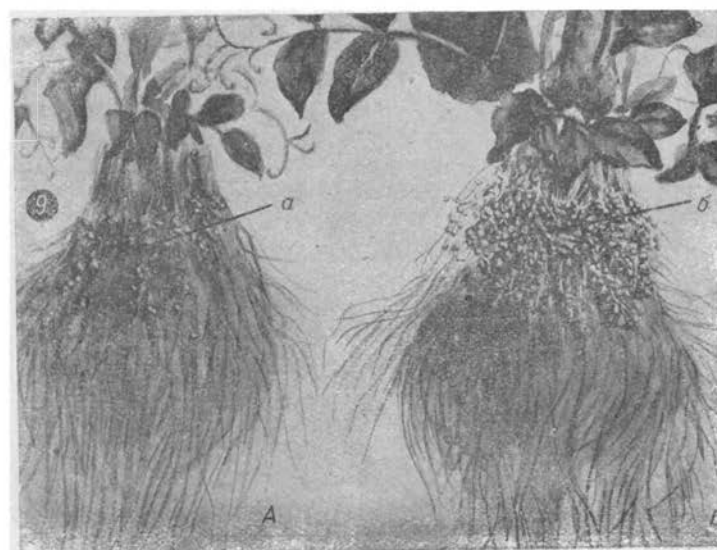
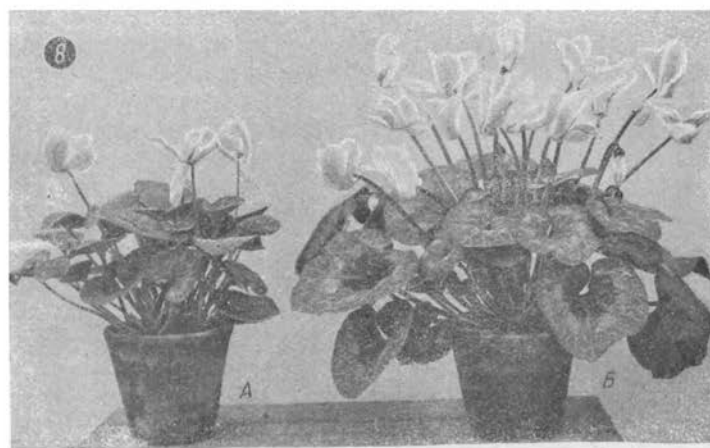
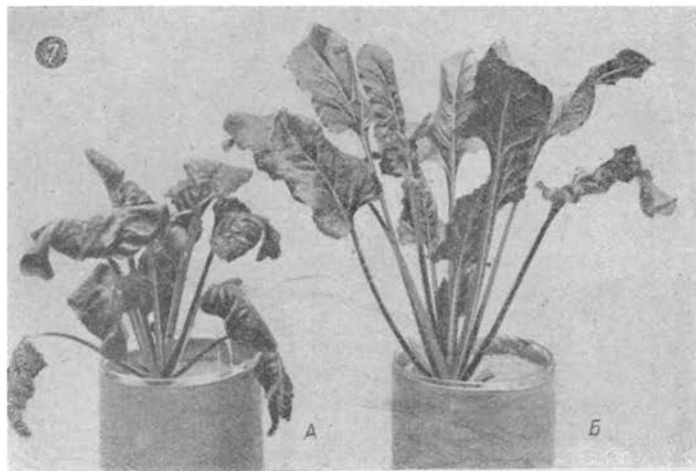
5. Хлопон — водные культуры.

А. Питат. смесь как 1 А. Б. То же с радием

6. Горох — водные культуры.

А. Питательная смесь как 1 А. Б. Внесен уран 10^{-6} г. на сосуд. В. 10^{-4} г. Г. 10^{-3} г. Д. 10^{-2} г. (растения страдают).

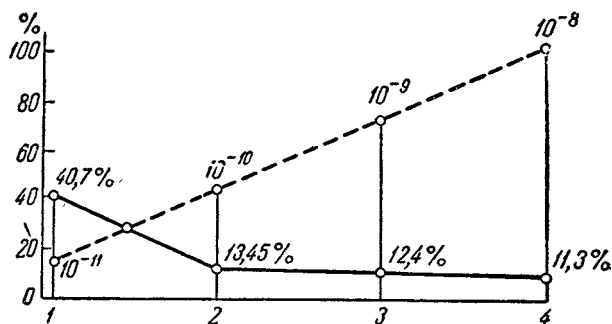




В наших опытах уран, радий и торий давали сходное физиологическое действие. Проф. В. И. Баранов считает, что оптимальные концентрации отдельных радиоактивных элементов для растений являются эквивалентными, т. е. они отвечают примерно одинаковому числу атомов, распадающихся в единицу времени.

Положительное действие радиоактивных элементов проявляется в увеличении плодоношения, усилении и ускорении цветения (рис. 8) и созревании растений, увеличении углеводов—виноградного и тростникового сахара в корнях сахарной и столовой свеклы, моркови, огурцах и других растениях. У кок-сагыз действие радиоактивных элементов сказывается в повышении урожая корней и увеличении содержания в них крахмала (рис. 11). Как показали опыты, увеличение углеводов тесно связано с повышением активности фермента-инвертазы в живых клетках растений под влиянием радиоактивных элементов.

При правильных дозах внесение радиоактивных элементов оказывает благоприятное действие на растения не только в водных и песчаных культурах, но и в почве. В 1942 г. мы провели полевые опыты с сахарной свеклой; в этих опытах радий вносился в виде концентрата радиоактивной руды на фоне полного удобрения. На контрольных делянках (полное удобрение без радия) был получен урожай в 155 центнеров на 1 га корней, с содержанием сахара 14 процентов. От внесения радия урожай корней сахарной свеклы увеличился незначительно, он составлял 175 центнеров на 1 га, но содержание сахара в корнях повысилось до 20,1 процента. Подобные результаты были получены и в вегетационных опытах с сахарной свеклой (рис. 7), развивав-



Использование внесенных концентраций радия растениями (вегетационные опыты, растение горох)

----- Внесено радия в г/на сосуд.
 ————— Процент усвоенного радия растениями от внесенных концентраций

шейся на той же почве. Эти опыты открывают широкие перспективы практического применения радиоактивных элементов в сельском хозяйстве.

Действие радиоактивных элементов на растения можно сравнить с действием витаминов, необходимых животным организмам для нормального развития. Витамины же не заменяют других питательных веществ. Недостаток витаминов в пище вызывает у человека глубокие заболевания (цинга, рахит и др.) При достаточном же содержании витаминов в пищевых продуктах, применение даже концентрированных витаминных препаратов не окажет положительного действия.

Подобное этому мы наблюдаем и в сельском хозяйстве. Урожай и качество растений в природных условиях определяются не только достаточным содержанием в почвах макроэлементов—азота, фосфора, кальция, магния, железа, но также и тем, в какой степени растения обеспечены микро- и ультрамикроэлементами (т. е. элементами, содержащимися в ничтожно малых количествах), в том числе—радием, ураном и др. С этим в настоящее время еще недостаточно считаются, что приводит к огромным непроизводительным затратам. Часто применяют высокие дозы азотных, фосфорных и других удобрений, в то время как для получения высоких и устойчивых урожаев недостает ничтожно малых количеств микроэлементов.

Радиоактивные элементы играют важную роль не только в жизни растений, но и бактерий, которые обычно развиваются в отсутствии солнечного света. В наших опытах с горохом и фасолью было установлено, что клубеньки, с помощью которых бобовые растения усваивают атмосферный азот воздуха, в отсутствии радиоактивных элементов, не образуются на корнях растений; в то время как в сосудах с радием они интенсивно развиваются и усваивают дополнительно почти столько же атмосферного

7. Сахарная свекла — почвенные культуры

А. Полное удобрение без радия. Б. Полное удобрение + радия 10^{-9} г. на 1 кв. почвы

8. Цикламен — почва разбавлена песком

А. Полное удобрение без радия. Б. Полное удобрение с радием

9. Корни гороха — водные культуры

А. Растения развивались в сосудах на полной питательной смеси, содержащей микроэлементы без радия. Образовалось очень мало клубеньков только в конце вегетационного периода (а) (среда заражена клубеньками). Применялись тщательно очищенные реактивы и дистиллированная вода. Б. То же с радием, клубеньки начали интенсивно развиваться на 5 день после заражения ими среды, а к концу опыта образовалось огромное количество клубеньков (б)

10. Горох — водные культуры

А. Полная питательная смесь с тщательно очищенными реактивами и очищенной дистиллированной водой. Б. То же, дистиллированная вода без очистки

11. Корни коксагыз — песчаные культуры

А. Растения развивались на полной питательной смеси без микроэлементов. Б. Полная питательная смесь с микроэлементами. В. Полная питательная смесь с микроэлементами и радием.

азота, сколько было его внесено в питательной смеси (рис. 9).

В чем состоит сущность действия радиоактивных элементов?

Действие их заключается прежде всего в той невидимой энергии, которая постоянно выделяется ими в результате непрерывно происходящего радиоактивного распада. Именно эта скрытая энергия, наряду с солнечной энергией, играет важную роль в синтезе сложных органических соединений—углеводов, белков и др. внутри живых клеток.

Академик В. И. Вернадский по этому поводу пишет: «Жизнь в биосфере исходит из двух основных источников энергии, из солнечных излучений и из атомной радиоактивной энергии». По его подсчетам, только три радиоактивных элемента—уран, торий и калий—развивают в земной коре такое колоссальное количество тепла, которое в тысячи раз превышает энергию, получаемую от солнца. В земной коре, как известно, уран и торий содержатся в количествах $n \cdot 10^{-3}\%$, а калий в количествах 2,4%.

Среди биологов нередко находит место неправильное мнение о незначительности той радиоактивной энергии, которая выделяется содержащимися в живых организмах радиоактивными элементами и продуктами их распада. Это мнение основывается на неточных подсчетах радиоактивной энергии. Обычно при этом принимается во внимание только энергия, проявляющаяся в виде тепла (например, один грамм радия в 1 час выделяет 136 калорий), и совершенно не учитывается кинетическая энергия, связанная с электрическими свойствами.

Радиоактивные излучения (альфа-, бета- и гамма-лучи), проходя через газы, ионизируют их, т. е.

разбивают электрически нейтральные молекулы газов на частицы, заряженные противоположным электричеством. В результате газы приобретают способность проводить электричество. Во время этого процесса только одна альфа-частица ионизирует на своем коротком пути, не превышающем 7 см, 100 000 нейтральных молекул, превращаясь сама в атом гелия. Один грамм радия в одну секунду дает $3,7 \cdot 10^{10}$ атомов гелия. При превращении радия в радон—один из продуктов распада радия—выделяется в полтора миллиона раз большая энергия, по сравнению с той, которая получается при образовании воды из гремучего газа (смеси водорода и кислорода; при этой реакции выделяется 137 кал).

Под влиянием радиоактивных элементов в живых клетках могут происходить не только химические, но и ядерные реакции, подобно тем, которые дают начало искусственной радиоактивности. Именно под действием альфа-частиц на легкие элементы происходит распад их атомов, с дальнейшим превращением в другие элементы: так, азот при этом превращается в один из изотопов кислорода с атомным весом 17 и пр.

Наука в настоящее время еще не располагает достаточным количеством фактов для более полной оценки многообразного значения атомной энергии, выделяемой содержащимися в животных и растительных организмах радиоактивными элементами. Несомненно одно, что радиоактивные элементы в живых организмах служат прежде всего непрерывным источником огромной кинетической энергии, которая, наряду с солнечной энергией, играет важную роль в протекании сложных биохимических процессов.

АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ

(Окончание. Начало см. в № 1)

Н. В. АСТАХОВ

Элементарные частицы

При рассмотрении строения атомов и, в частности, атома водорода мы столкнулись с фактом существования в природе мельчайших материальных частиц — электронов и протонов; их называют элементарными, желая подчеркнуть, что они не состоят из более мелких частиц. Помимо этих частиц, экспериментальной атомной физикой установлено существование и других элементарных частиц, именно: фотон, позитрон, нейтрон, положительный и отрицательный мезотроны. Кроме них, предполагается существование частиц нейтрино и анти-нейтрино. Рассмотрим кратко свойства тех частиц, существование которых в настоящее время не вызывает сомнений.

Прежде всего необходимо сделать предварительное замечание принципиального характера о природе элементарных частиц.

Как уже отмечалось, частица называется элементарной, если она не состоит из более мелких частиц. Однако это свойство не исчерпывает собой всех особенностей элементарной частицы. В настоящее время твердо установлен факт взаимной превращаемости частиц. В дальнейшем мы приведем примеры таких превращений, а сейчас мы должны принять это как одну из существенных особенностей элементарных частиц. Таким образом, какая-либо частица, не состоящая из других частиц, может при соответствующих условиях в них превратиться. Такая взаимопревращаемость элементарных частиц лишний раз подчеркивает их своеобразие и вместе с тем указывает на неисчерпаемость свойств материи вообще.

П о з и т р о н — положительный электрон, материальная частица, несущая электрический положительный заряд, равный по абсолютной величине заряду электрона. У позитрона масса такая же, как и у электрона. Отличительная особенность позитрона — это малая продолжительность жизни. В среднем она равна 10^{-7} секунды. Этим объясняется почему позитрон открыт значительно позднее электрона. В чем же причина малой продолжительности жизни позитрона? Оказывается, что позитрон и электрон при столкновении превращаются в фотон — световую частицу: позитрон + электрон → фотон.

Так как движение позитрона всегда происходит в какой-либо среде, а последняя состоит из атомов с их электронными оболочками, то вероятность встречи позитрона и электрона весьма велика.

Наряду с таким превращением установлен и обратный процесс: Фотон → позитрон + электрон. Процесс превращения позитрона и электрона в фотон часто неудачно называют аннигиляцией, от латинского слова «нигиль», что означает «ничто». Это название противоречит основному закону естествознания — закону сохранения материи.

Здесь мы имеем дело не с уничтожением вообще позитрона и электрона, а с их превращением в другие формы материи.

Н е й т р о н — нейтральная материальная частица, не имеющая электрического заряда, обладающая массой, близкой по величине к массе протона. Масса нейтрона (покоящегося) — $1,5749 \cdot 10^{-24}$ г. Атомный вес нейтрона — 1,00895 (несколько больше, чем атомный вес водорода). Благодаря отсутствию электрического заряда нейтроны обладают огромной проникающей способностью. Большие толщи металлов являются для пучка нейтронов прозрачными именно потому, что нейтроны не испытывают сил электрического притяжения или отталкивания со стороны атомных ядер металла. Это свойство нейтронов позволяет их использовать для проникновения к самым атомным ядрам, что широко применяется в современной экспериментальной ядерной физике. Нейтроны — элементарные частицы, и, как таковым, им свойственна превращаемость в другие элементарные частицы. Например, установлены следующие процессы: нейтрон → протон + электрон + нейтрино. протон → нейтрон + позитрон + нейтрино.

Н е й т р и н о — маленький нейтрон, материальная частица, не имеющая свободного электрического заряда. Гипотеза о существовании нейтрино вначале была высказана для объяснения выполнения закона сохранения энергии при некоторых видах (бета-распад) радиоактивного распада атомов. Тогда же предполагалось, что масса нейтрино равна массе электрона. Однако ряд соображений

теоретического характера и некоторые экспериментальные факты заставляют предполагать, что масса покоящегося нейтрино равна нулю. Хотя опытами нейтрино непосредственно не обнаружен, но множество экспериментальных данных дают косвенные доказательства его существования.

Мезотрон — положительный — материальная частица, несущая положительный заряд, равный по абсолютной величине заряду электрона. Предполагается, что масса мезотрона в 200 раз больше массы электрона. Отрицательный мезотрон отличается от положительного лишь знаком заряда. Мезотроны обнаружены в космических лучах. Отношение их к атомному ядру пока является гипотетическим, однако на основании ряда теоретических соображений высказана гипотеза об особой роли мезотронов в объяснении природы тех сил, которыми обеспечивается существование атомных ядер.

Радиоактивность и распад атомного ядра

В 1896 г. французский ученый Беккерель обнаружил, что ядра некоторых элементов могут самопроизвольно разлагаться. Это явление получило название радиоактивности. В дальнейшем было установлено, что из встречающихся в природе элементов свойством радиоактивности обладают уран (№ 92), протактиний (№ 91), торий (№ 90), актиний (№ 89), радий (№ 88), нитон (№ 86), полоний (№ 84), лутеций (№ 71), самарий (№ 62), рубидий (№ 37), калий (№ 19). Есть основания считать радиоактивными цинк, гадолиний, празеодим и др.

У некоторых элементов радиоактивность проявляется в том, что их ядра самопроизвольно разлагаются, выбрасывая из себя ядра атомов гелия — альфа-частицы. В ряде случаев одновременно наблюдается вылет из атомного ядра фотонов. Совокупность альфа-частиц, вылетающих из радиоактивного элемента, называют альфа-излучением и соответственно гамма-излучением называют совокупность фотонов, выбрасываемых при этом радиоактивном распаде.

Другие элементы, испытывая радиоактивный распад, выбрасывают из ядра бета-частицу — электрон и нейтрино, причем этот распад, как правило, сопровождается гамма-излучением. Совсем недавно обнаружен третий вид радиоактивного превращения, состоящий в том, что некоторые ядра захватывают электрон из ближайшего слоя электронной оболочки, несущего название *K*-слоя; этот вид радиоактивного превращения называется *K*-захватом.

Открытие радиоактивности ознаменовало собой новый этап в учении об атоме: оно показало, что атомные ядра могут быть неустойчивыми; навсегда рухнули представления о непревращаемости химических элементов и неразрушимости атомов.

Распад радиоактивного ядра неминуемо связан с образованием нового ядра. Например, при радиоактивном распаде ядер атомов радия, сопровождающемся выбрасыванием альфа-частицы, образуется новое ядро элемента нитон, называемого также *эманацией радия* или *радоном*.

Для оценки степени устойчивости радиоактивных ядер введено понятие о *периоде полураспада* *T*. Под последним понимают то время, в течение которого из наличного числа атомных ядер разложится половина их. Для некоторых элементов

период полураспада очень велик. Так, для одного из изотопов урана с массовым числом (целым числом, ближайшим к атомному весу) 238 период полураспада равен $4,5 \cdot 10^9$ лет, для радия 1560 лет, а для радия *C'* он измеряется ничтожными долями секунды порядка 10^{-8} сек.

В первой части статьи уже упоминалось о тех больших количествах энергии, которые выделяются при радиоактивном разложении адров атома; достаточно сказать, что радиоактивное ядро радия *C* выбрасывает альфа-частицы, вылетающие со скоростью 20 тысяч км/сек. На своем пути в воздухе, не превышающем 7 см, она сталкивается сотни тысяч раз с молекулами воздуха, вызывая образование на каждом миллиметре пути около 3 тысяч ионов. Если иметь в виду, что молекулы воздуха в 7 раз тяжелее самой альфа-частицы, то легко сделать вывод о большой кинетической энергии последней. Чем же объясняется тот факт, что некоторые атомные ядра радиоактивны, а другие устойчивы. Оказывается, что всякий самопроизвольный процесс в атомной системе может протекать в том случае, если он сопровождается уменьшением энергии системы. Иначе говоря, атомное ядро может претерпеть распад, если получившиеся в результате распада продукты, например новое ядро и альфа-частица, рассматриваемые покоящимися, имеют меньшую массу, как говорят, самопроизвольный процесс сопровождается выделением энергии. Так, при разложении ядра радия масса продуктов его распада — ядра гелия и ядра нитона — меньше массы исходного ядра.

Каждое атомное ядро в принципе способно к разложению, но большинство из них устойчивы потому, что возможные продукты их распада имеют большую массу, а значит, и энергию; отсюда следует, что каждое ядро способно претерпевать распад, если ему каким-либо образом будет сообщено необходимое количество энергии.

Структурные составляющие атомных ядер

В настоящее время в науке прочно утвердилось представление о протонно-нейтронном строении ядер. Согласно этим представлениям, ядро состоит из протонов и нейтронов (объединяемых общим названием «нуклеонов»), причем число протонов в ядре равно его порядковому номеру, а сумма числа протонов и числа нейтронов — массовому числу. Обозначая порядковый номер ядра, а следовательно, и число входящих в него протонов через *Z*, число нейтронов в ядре через *N*, получим $Z + N = A$, где *A* — массовое число ядра. Так, в ядре изотопа урана, обозначаемого массовым числом 238 (*U-238*) число протонов $Z=92$, а число нейтронов $A-Z=238-92=146$.

На основании представления о протонно-нейтронном строении атомных ядер мы можем установить причину их устойчивости. Протоны — электрически заряженные частицы. Известно, что сила взаимодействия двух электрических зарядов подчиняется за-

кону Кулона $F = \frac{e_1 e_2}{r^2}$, где e_1 и e_2 — величины двух за-

рядов, а *r* — расстояние между зарядами. Если знаки зарядов одинаковы, заряды отталкиваются друг от друга, в противном случае они притягиваются. Многими исследователями было показано, что закон

Кулона оказывается справедливым даже для очень малых расстояний между зарядами, а потому есть все основания утверждать, что протоны в ядре отталкиваются друг от друга с очень большой силой и тем самым оказывают разрыхляющее действие на ядро.

Что же все-таки делает ядро устойчивым?

Исследования над рассеянием пучка нейтронов и пучка протонов в водороде с несомненностью убеждают в том, что между нейтроном и протоном, между двумя протонами, а также между двумя нейтронами при малых расстояниях между ними (меньшими чем 10^{-13} см) проявляются силы притяжения, называемые ядерными силами. Эти силы притяжения между частицами в ядре значительно превышают силы отталкивания, вызываемые электрическим взаимодействием. Очевидно, наличие ядерных сил и обеспечивает существование и устойчивость атомных ядер.

Таким образом, говоря об устойчивости атомных ядер, мы вынуждены признать существование в ядре двух силовых полей, накладывающихся друг на друга,—ядерного поля, обеспечивающего устойчивость ядра, и электрического поля, наоборот, разрыхляющего ядро, уменьшающего его устойчивость.

Энергия связи атомных ядер. Дефект массы

Для всех известных атомных ядер установлено, что массы их всегда меньше масс всех составляющих их частиц, т. е. всех протонов и нейтронов, рассматриваемых отделенными друг от друга. Из этого следует, что при образовании данного ядра из отдельных друг от друга протонов и нейтронов масса уменьшается; это уменьшение массы носит название *дефекта* массы.

Уменьшение массы, связанное, очевидно, с уменьшением энергии системы, характеризует собой степень устойчивости атомного ядра; чем больше это уменьшение, тем более устойчиво ядро. Следовательно, дефект массы является мерой устойчивости атомного ядра. Уменьшение энергии называют *энергией связи* ядра; для вычисления величины энергии связи следует дефект массы Δm умножить на квадрат скорости света (относящейся к вакууму).

Вычисленная таким образом энергия связи для ядра гелия составляет $45,24 \cdot 10^{-6}$ эргов.

В ядерной физике принято измерять энергию в миллионах электрон-вольт MeV: Один MeV есть та энергия, которую приобрел бы электрон, пробежав разность потенциалов в 1 млн вольт. 1 MeV эквивалентен $1,59 \cdot 10^{-6}$ эрга. Таким образом, энергия связи ядра гелия оказывается равной 28,5 MeV. Для грамм-атома¹ гелия, т. е. для 4 граммов гелия, энергия связи ядра, рассчитанная в малых калориях, будет равна 650 млрд. калорий. Если принять теплоту сгорания 1 грамма каменного угля равной 7 тысячам калорий, то энергия связи ядра для 4 граммов гелия будет равна энергии, выделяющейся при сгорании 93 т угля. Это еще раз подтверждает вывод о том, что образование нового ядра из протонов и нейтронов связано с выделением огромных количеств энергии.

Если вычислить энергию связи атомных ядер и затем простым делением на общее число частиц

в ядре (сумму чисел протонов и нейтронов) найти энергию связи, приходящуюся на каждую частицу, то обнаруживается замечательное правило: энергия связи ядра, приходящаяся на одну частицу в ядре, для всех ядер, кроме легких (т. е. с малым атомным весом) примерно одна и та же—7—8 MeV. Это правило указывает на очень важное обстоятельство, а именно: при увеличении числа частиц в ядре на одну (безразлично какую, протон или нейтрон), энергия связи увеличивается на одну и ту же величину. Следовательно, как протон, так и нейтрон связаны в ядре одинаково прочно, поэтому ядерные силы проявляются одинаково как по отношению к протону, так и по отношению к нейтрону.

Структура ядра

В результате многочисленных экспериментов удалось установить размеры атомных ядер; оказалось, например, что диаметр ядра урана в 4 раза больше диаметра ядра гелия. Так как объемы ядер относятся друг к другу как кубы диаметров, то объем ядра урана в $4^3=64$ раза больше объема ядра атома гелия. В ядре урана 238 частиц ($Z=92$ и $N=146$), а в ядре гелия 4 частицы; следовательно числа частиц относятся как 238: $4 \approx 60$, т. е. отношение друг к другу чисел частиц в ядрах таково же, как отношение объемов ядер. Это значит, что объем ядра вообще пропорционален числу находящихся в нем частиц. Следовательно, с увеличением числа частиц в ядре на единицу (например, с увеличением на единицу числа протонов или числа нейтронов) объем ядра увеличивается на вполне определенную величину.

Основываясь на этом факте и том обстоятельстве, что для подавляющего большинства устойчивых ядер энергия связи, приходящаяся на любую частицу в ядре, одна и та же, можно сделать предположение, что ядро по своей структуре напоминает каплю жидкости. Такое предположение о «капельном» строении атомного ядра выдвинул Бор; оно позволило разобраться в ряде таких вопросов ядерной физики, как подсчет энергии ядра, расщепления ядер урана (о чем будет сказано ниже) и т. д.

Изотопы

Еще до появления определенных сведений об атомном ядре, ученые обнаружили, что у многих элементов атомы, различаясь атомным весом, имеют почти тождественные химические свойства. Такие атомы одного и того же элемента были названы его *изотопами*. Сравнительно недавно (1932 г.) были обнаружены у водорода изотопы с атомными весами 1,00812 и 2,01472. Оказалось, что в силу большей относительной разности их атомных весов они заметно различаются по химическим и физическим свойствам.

Вообще в настоящее время для элемента водорода известны три типа атомов: H; ${}^1_1\text{H}$; ${}^2_1\text{H}$.² Совокупность атомов ${}^1_1\text{H}$ называется *протием*, а ядра

¹ Напомним, что грамм-атомом данного элемента называется число граммов этого элемента, равное его атомному весу.

² Напомним, что для обозначения атома какаго-либо элемента используется химический символ этого элемента. Цифра налево (или направо) сверху означает массовое число, а налево внизу—порядковый номер (величина заряда ядра или число электронов в нейтральном атоме).

протия—протонами; совокупность атомов ^2H —дейтерием, а ядра—дейтеронами, совокупность атомов ^3H —тритием. Ядра дейтерия и протия стойкие, ядра трития радиоактивны, т. е. способны разлагаться самопроизвольно, а потому они не встречаются в природе. В обыкновенном водороде содержание протия составляет 99,98 %, а на долю дейтерия падает всего 0,02 %. Таким образом содержание изотопов водорода, например, в воде не одинаково.

Явление изотопии обнаружено для подавляющего большинства элементов. Для некоторых элементов число изотопов невелико—2—3, в то время как для других, например для олова, это число достигает 10. (Здесь речь идет об изотопах, встречающихся в природе, а не искусственно приготовленных). Подробные исследования изотопного состава элементов позволили установить, что в земной коре, включая гидросферу и атмосферу, встречается около 290 типов атомов (напомним, что химических элементов в природе найдено 88). Отметим особенно важные для нашей цели изотопы элемента урана с атомными весами 234 (U-234), 235 (U-235) и 238 (U-238), встречающиеся в природе. Наиболее распространены (99,3 %) это атомы U-238. Атомы U-234 под названием урана II (U_{II}) представляют промежуточные образования в цепи последовательных распадов, имеющей своим началом ядра урана 238 и, наконец, атомы U-235, содержащиеся в обычном уране в количестве 0,7 %, являются родоначальниками другой цепи превращений, называемой радиоактивным рядом актиния.

Для всех элементов (кроме водорода) относительное различие масс ядер изотопов невелико, поэтому ничтожно мало и различие в химических свойствах атомов этих изотопов. Для изотопов же водорода—протия и дейтерия,—как уже упоминалось, относительное различие масс велико, и это влечет за собою заметное различие в химических свойствах обоих изотопов. Некоторые исследователи пытались даже рассматривать протий и дейтерий как два различных химических элемента.

Дейтерий обозначают буквой D₂, его иногда называют *тяжелым водородом*, а его соединение с кислородом D₂O—*тяжелой водой*.

В качестве иллюстрации приведем сравнение некоторых свойств дейтерия и протия и их соединений с кислородом.

Атомный вес протия—1,00812, дейтерия 2,01472. Температура кипения абсолютная у протия 20,4°, дейтерия 23,5°, температура плавления протия 13,9°, дейтерия 18,7°.

Также большое различие в свойствах показывают соединения указанных изотопов с кислородом. Соединение протия с кислородом H₂O, т. е. обыкновенная вода, имеет молекулярный вес 18.01624, температуру кипения 100°, плавления 0°, температуру максимума плотности 4° и плотность для 25°—0,9971 г/см³. Соединение дейтерия с кислородом (D₂O—тяжелая вода) имеет молекулярный вес 20,02944, температуру кипения 101,42°, плавления 3,82°, температуру максимума плотности 11,4° и плотность 1,1066 г/см³.

Постепенное испарение природной воды сопровождается медленным ее обогащением тяжелой водой; при электролизе природной воды получающийся водород оказывается беднее тяжелым водородом в 5—8 раз по сравнению с водой, следовательно, длительный электролиз природной воды также приводит к обогащению ее тяжелой водой. Оба указан-

ные свойства были использованы для разработки практических приемов получения тяжелой воды, а следовательно, и тяжелого водорода.

В связи с разработкой методов облучения тех или иных ядер протонами, нейтронами, дейтеронами, в настоящее время можно почти по заказу приготовить атомные ядра, встречающиеся в природе; кроме того удалось приготовить атомные ядра, являющиеся изотопами известных элементов, причем эти изотопы не обнаружены в природе. Таким образом, для 96 типов атомных ядер (каждый «тип» характеризуется величиной положительного заряда—порядковым номером) в настоящее время известно до 600 изотопов, из которых половина приготовлена искусственно и в природе не найдена.

Искусственное расщепление ядра

Как неоднократно упоминалось выше, атомные ядра, несмотря на огромный запас заключенной в них энергии, способны к разложению лишь в том случае, если им будет сообщено большое количество энергии. Ни создание электрических или магнитных полей, огромных напряженностей, например, до 500 тысяч градусов, ни нагревание веществ до нескислых тысяч градусов не может сообщить атомным ядрам достаточно энергии, чтобы сделать их неустойчивыми. Еще в 1920 г. Нернст рассчитал, что только нагревание веществ до ста миллионов градусов может сделать атомные ядра неустойчивыми. Таким образом, искусственное расщепление ядра может быть достигнуто лишь путем подвода к ядру энергии с какой-либо быстро летящей частицей. Другими словами—разложение атомного ядра может быть осуществлено путем бомбардировки вещества или альфа-частицами, движущимися с огромными скоростями (например альфа-частицами; образующимися при разложении радиоактивных ядер элемента полония—Po, RaC') или протонами, дейтеронами, которым сообщена большая кинетическая энергия в специальных приборах, и наконец, нейтронами, возникающими, например, при облучении бериллия альфа-частицами полония.

Согласно воззрениям Бора о каплеобразном строении атомного ядра, энергия частицы, внедряющейся в ядро, распределится между всеми частицами ядра; этот процесс можно выразить словами «ядро нагревается».

Если применить к ядру понятия и законы кинетической теории материи и определить повышение температуры в ядре средней величины, когда в него внедрится частица с энергией 8 MeV, то получится, что оно будет равно 10 млрд. градусов; эта величина почти в 1000 раз больше, чем наибольшая температура небесных тел во всем мироздании.

Атомное ядро, захватывая быстро движущуюся частицу, приходит в возбужденное состояние и делается способным к разложению в момент захвата частицы или спустя некоторое время. В первом случае, т. е. когда атомное ядро разлагается в момент попадания в него частицы, мы говорим о собственном разложении ядра, а во втором, т. е. когда ядро разлагается спустя некоторое время после попадания в него быстрой частицы,—об искусственной радиоактивности.

Собственно разложение атомного ядра происходит с выбросом из него таких частиц, как протон, нейт-

рон, являющихся составными частями ядра, а также их комбинаций: ядро гелия, дейтерон.

Искусственная радиоактивность характеризуется тем, что ядро (сравнительно мало устойчивое), получившее название искусственно радиоактивного, образовавшееся из устойчивого ядра благодаря внесению в него большого количества энергии, в дальнейшем в свою очередь превращается в устойчивое ядро, путем выбрасывания или электрона или позитрона.

В настоящий момент число искусственно радиоактивных ядер, приготовленных тем или иным путем, чрезвычайно велико. Явление искусственной радиоактивности открыто в 1932 г., а уже в 1934 г. были известны три искусственно радиоактивных атомных ядра; в 1941 г. их было уже приготовлено 370. В списке искусственно радиоактивных атомных ядер имеются и ядра с такими порядковыми номерами, которые отвечают элементам, не встречающимся в природе, именно с номерами 43, 61, 85, 87, 93. Искусственно радиоактивные атомы находят теперь практическое применение в медицине, биологии, физиологии, химии и т. д.

Наконец, известен третий случай искусственного расщепления ядра, особенно характерный для тяжелых атомных ядер, как например, ядер урана, тория, протактиния (возможно и некоторых легких, как ядер кремния и алюминия), вызванный бомбардировкой нейтронами; атомное ядро, захватив нейтрон, приходит в возбужденное состояние, немедленно приводящее к раскалыванию ядра на две примерно одинаковые части. Этот вид расщепления ядра носит название *деления ядра*.

Все эти три случая находят себе прекрасное объяснение в капельной теории ядра. Особенно хорошо капельная теория позволяет разобраться в явлении деления ядра. В ядре, рассматриваемом как своеобразная жидкостная капля, воспринявшем энергию нейтрона, возникают упругие колебания. Как уже давно было изучено Рэлеем на примерах капель обычных жидкостей, подобные колебания могут привести к делению капли. Под влиянием внутренних колебаний капля может принять удлиненную форму с характерной перетяжкой, примерно в середине, а затем разделяется на две части. Этот процесс деления можно изобразить в виде схемы.

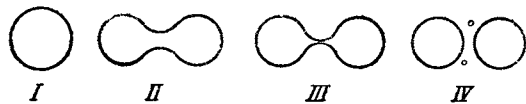
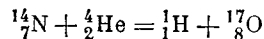


Рис. 1. Схема деления тяжелых ядер

Обращаясь теперь к искусственному разложению атомных ядер, мы можем установить следующие существенные моменты. Во-первых, подобное разложение должно совершаться при условии сохранения общей энергии, и, во-вторых, общий электрический заряд не должен изменяться.

Таким образом, мы можем установить, что условие неизменности энергии приводит к закону сохранения массы; а этот факт позволяет установить для искусственного ядерного превращения аналогию с химическим процессом. При всяком химическом процессе в результате взаимодействия молекул образуются другие молекулы. Точно так же и при искусственном разложении ядер (если иметь в виду, что протон, дейтрон, альфа-частица и даже нейтрон

могут рассматриваться как атомные ядра) взаимодействие атомных ядер приводит к образованию других атомных ядер. Поэтому есть все основания рассматривать искусственное разложение атомных ядер как ядерную реакцию и обозначать происходящий при этом процесс в виде формулы, сходной по внешнему виду с уравнением химической реакции. Так, процесс разложения ядер азота альфа-частицами (т. е. ядрами атомов гелия), осуществленный Резерфордом еще в 1920 г., может быть записан в виде такой формулы:



(здесь ${}^4_2\text{He}$ — ядро атома гелия).

Практическое осуществление ядерных реакций

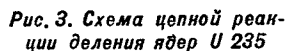
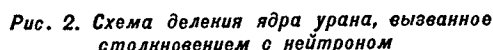
Как указывалось выше, искусственное расщепление атомных ядер достигается путем бомбардировки их быстро движущимися частицами: альфа-частицами, протонами, дейтеронами и нейтронами. Таким образом, возникает вопрос об источнике быстрых заряженных частиц. Альфа-частицы могут быть получены от радиоактивных веществ, например, полония, претерпевающего самопроизвольный альфа-распад. Но для получения потока протонов или дейтеронов, а в ряде случаев также и альфа-частиц, приходится прибегать к специальным приборам, в которых движение ионов водорода, т. е. протонов, дейтеронов или ядер атомов гелия ускоряется постоянным (прибор Ван-Граффа и др.) или переменным (циклотрон Лауренса) электрическим полем. Приборы эти стоят дорого и потребляют очень много энергии относительно числа полученных быстро движущихся частиц, и особенно относительно числа вызванных ими ядерных превращений. Это ограничивает возможность практического использования энергии ядерных реакций.

Необходимо отметить особую роль нейтронов для осуществления с их помощью ядерных превращений. В силу отсутствия у них заряда нейтроны обладают огромной проникающей способностью. В отличие от остальных частиц, с помощью которых осуществляются ядерные процессы, нейтроны могут вплотную подходить к атомным ядрам, не испытывая сил кулоновского отталкивания. Вот почему очень много примеров ядерных превращений осуществлено с помощью пучка нейтронов, получаемого действием альфа-частиц на бериллий или бор.

Атомная энергия для практических целей

В основе практического использования ядерной энергии лежат исследования Хана, Штрассмана и Мейтнера, открывших деление ядер урана при облучении последних нейтронами. Оказалось, что быстрые нейтроны, полученные из бериллия при облучении его альфа-частицами, попадая в ядра урана, вызывают деление ядер урана примерно на две почти одинаковые части с одновременным выделением 2 или 3 нейтронов. Получаются два искусственно радиоактивных ядра.

Энергию нейтронов, вылетающих из бериллия при облучении его альфа-частицами, можно определить путем вычисления дефекта массы для этой



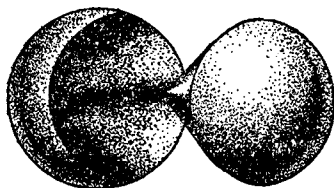
Масса осколков атомов урана, возникающих при его делении, образует газовое облако. Если условно принять, что обычные понятия «температура», «давление» применимы к такому газовому облаку, то можно сказать, что в момент его образования оно имеет огромную температуру. Соответствующими вычислениями при помощи кинетической теории газов можно показать, что температура газового облака, возникающая при делении урана, равна 66 млрд. градусов. Допустив, что облако осколков атомов урана, получившихся при делении ядер 1 грамм-атома урана (т. е. $12,7 \text{ см}^3$ металлического урана), занимает в момент своего образования объем в 1 литр, находим по уравнению Клапейрона величину давления. Она оказывается равной 5,4 млрд. атмосфер. Итак, если одновременно, разложатся атомные ядра в одном килограмме металлического урана, то в месте нахождения урана возникает газовое облако, обладающее огромной температурой и могущее создать огромное давление. Такой процесс деления подобен взрыву огромной силы. Это обстоятельство и побудило немецких, английских и американских физиков начать поиски метода, при помощи которого удалось бы вызвать одновременное разложение атомных ядер в некотором количестве урана. Этот метод был найден, и он привел к конструированию атомных бомб.

Для того чтобы произошло одновременное (или почти одновременное, т. е. в очень короткий отрезок времени) деление всех ядер в куске природного урана, необходимо наличие очень большого числа нейтронов с энергией, превышающей критическое значение. Осуществить это с помощью подводимых

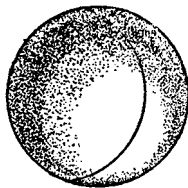
извне нейтронов не представляется возможным. На помощь приходит цепная реакция деления ядер. Окажется, что ядра атомов расщепляются на две части с образованием двух или трех нейтронов, которые в свою очередь могут вызвать деление дру-

гих ядер с последующим выделением новых пар или троек нейтронов и т. д. Таким образом возникает лавинообразный процесс деления, вовлекающий все большее и большее число ядер. Для ^{238}U такой цепной механизм быстро обрывается, так как некоторые нейтроны в результате соударения с ядрами урана ^{238}U могут не вызвать деление, а лишь понизить свою скорость. Вследствие этого энергия их может сделаться меньше критической; эти нейтроны уже будут неспособны вызвать деление ядер. Вследствие соударений с ядрами урана, скорость нейтронов постепенно снижается, и когда их энергия уменьшится до 25 eV, они будут поглощаться ядрами урана с образованием изотопа урана ^{239}U . Само собой разумеется, что при этом часть нейтронов вырвется из куска урана и рассеется в окружающем пространстве. Конечно, все сказанное выше предполагает, что уран химически чист и не содержит таких примесей, как, например, кадмий, бор и других элементов, ядра атомов которых легко захватывают нейтроны, выводя их из процесса деления. Описанный процесс деления в действительности, конечно, значительно сложнее, вследствие многих побочных обстоятельств, о которых здесь мы не будем упоминать. Иначе дело обстоит с изотопом ^{235}U (уран-235). Ядра этого изотопа могут претерпевать деление не только быстрыми, но и медленными нейтронами. Поэтому в куске урана-235, достаточно большой величины, может развиваться цепная реакция.

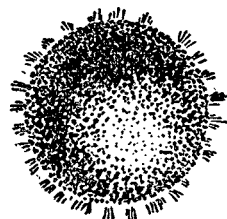
Одной из важнейших особенностей подобного цепного деления атомных ядер заключается в том,



2 куска урана ^{235}U (или плутония ^{239}Pu), масса каждого из них меньше критической



2 куска урана ^{235}U (или плутония ^{239}Pu), образовали один с массой больше критической



Взрыв куска урана ^{235}U (или плутония ^{239}Pu)

Рис. 5. Иллюстрация понятия «Критическая масса»

что если масса куска урана ^{235}U меньше некоторой определенной величины, называемой критической массой, то цепной процесс деления обрывается вследствие улетучивания значительной части нейтронов из самого куска. Величина критической массы для ^{235}U точно не известна, численное значение ее американцами хранится в большом секрете. В литературе есть указание на то, что для ^{235}U величина критической массы лежит в пределах от 2 до 110 фунтов (т. е. от 0,9 кг до 49,8 кг). По другим данным критическая масса для ^{235}U равна 2 кг.

Хотя нейтроны всегда имеются в любом теле благодаря действию космических лучей, все же кусок ^{235}U с массой меньше 2 кг (если справедлива оценка критической массы в 2 кг) самопроизвольно не взрывается; если же соединить два куска по 1,5 кг в одно целое, то процесс деления начнет немедленно развиваться, и кусок в 3 кг мгновенно взорвется. Представление о критической массе дало исходные предпосылки для проектирования атомной бомбы.

Изотоп урана 235

Итак, для возможности осуществления взрыва огромной силы необходимо наличие изотопа урана с массовым числом 235 ($\text{U}-235$). В природе такой изотоп в чистом виде не встречается; он входит в качестве составной части в обычный уран, где его содержание оценивается величиной 0,7%. Детальные исследования показали, что деление ядра ^{235}U сопровождается уменьшением массы на 0,1%,

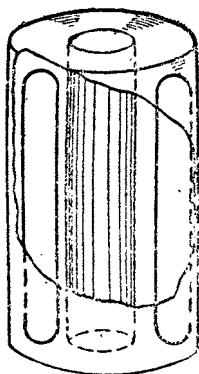


Рис. 6. Схема метода разделения изотопов термической диффузией

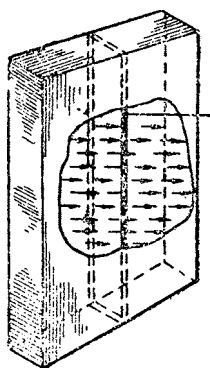


Рис. 7. Схема метода разделения изотопов газовой диффузией

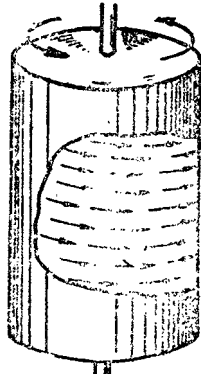


Рис. 8. Схема метода разделения изотопов центрифугированием

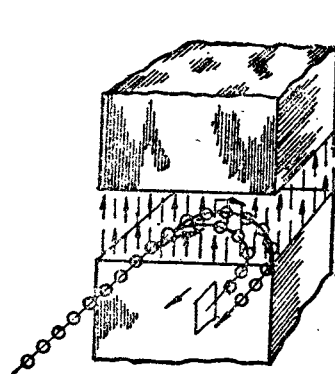


Рис. 9. Схема электромагнитного способа разделения изотопов

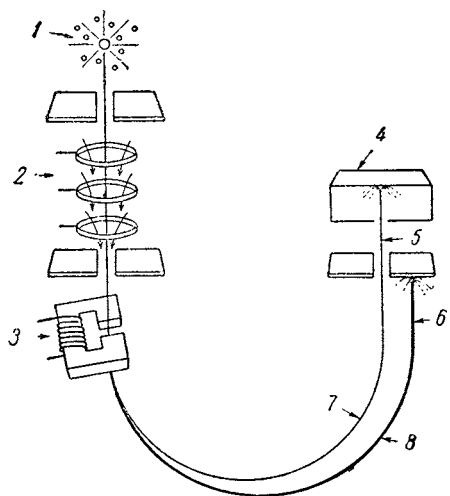


Рис. 10. Схема принципа установки «Калутрон».

1. Источник ионов. 2. Электрическое поле ускоряет ионы. 3. Магнитное поле отклоняет ионы в зависимости от их массы. 4. Коллектор. 5. Легкий изотоп входит в щель коллектора. 6. Тяжелый изотоп не попадает в щель коллектора. 7. Траектория ионов с легким изотопом. 8. Траектория ионов с тяжелым изотопом.

т. е. продукты разложения 1 кг урана имеют массу 0,999 кг. Один английский фунт (0,453 кг) урана-235 при делении освобождает энергию в количестве 11 400 тысяч квтч, что эквивалентно энергии, выделяемой при сгорании 1500 т. угля или 200 тысяч галлонов газаolina. Эти особенности изотопа урана-235 и побудили использовать его в качестве взрывчатого вещества, способного при взрыве выделять огромное количество энергии. Для этого нужно было найти способ выделить его из природного урана в достаточных количествах. Для разделения изотопов обычно используется их смесь в форме какого-либо газообразного соединения.

Для урана наиболее удобным оказалось соединение UF_6 (шестифтористый уран). Существует несколько методов разделения изотопов ^{238}U и ^{235}U , использованных американцами:

- а) метод термической диффузии,
- б) метод газовой диффузии,
- в) метод центрифугирования,
- г) метод электромагнитный.

Метод термической диффузии состоит в том, что внутри вертикально поставленной трубки с холодной наружной стенкой вдоль оси вводится другая трубка, стенка которой имеет высокую температуру. Вследствие конвекционных токов, возникающих в газе, помещенном между внутренней и внешней трубками, происходит постепенное разделение изотопов, и более легкий из них собирается вверху.

Метод газовой диффузии заключается в том, что газообразную смесь изотопов заставляют диффундировать сквозь пористую стенку. Более легкий изотоп диффундирует быстрее; поэтому при после-

довательной диффузии смеси сквозь большое число стенок можно добиться разделения изотопов.

Для реализации этого способа газообразный шестифтористый уран заставляли диффундировать сквозь последовательно поставленные пористые стенки, число которых достигало 5000 каждый раз для увеличения эффективности диффузии, подвигая газ сжатием. Диаметр пор в стенках $0,01 \mu$ ($\mu = 0,001 \text{ мм}$). Таким образом в последней камере получался U^{235} 99%-й чистоты.

Завод, на котором был осуществлен этот метод выделения урана-235, занимает площадь 24 га. Главное здание имеет П-образную форму; длина каждого из обоих крыльев 805 м и общая ширина 402 м. Энергия, затрачиваемая на перекачивание и сжатие газа, на этом заводе производится паровой машиной. Мощность 238 000 квт.

Метод разделения изотопов путем центрифугирования основан на том, что в газовой смеси молекулы с разными массами при вращении газа испытывают разную центробежную силу. Вследствие этого в пространстве около оси вращения легкий изотоп будет концентрироваться в относительно большем количестве, чем на некотором расстоянии от этой оси.

Четвертый метод разделения изотопов, названный электромагнитным, состоит в разделении газовых ионов, движущихся в сильном магнитном поле с большими скоростями благодаря действию ускоряющего электрического поля. При этом атомы урана-235, будучи несколько легче атомов урана-238, образуют более легкие ионы, по сравнению с ионами, содержащими атомы урана-238, а потому в магнитном поле они будут двигаться по дуге окружности меньшего радиуса, нежели ионы с атомами урана-238. Таким образом пучок ионов газообразного соединения урана будет расщепляться на пучок ионов с атомами урана-235 и пучок ионов с атомами урана-238.

Для осуществления электромагнитного способа разделения изотопов урана фирмой «Вестингауз» выпущены машины под названием «Калутрон», сконструированные учеными Калифорнийского университета совместно с инженерами фирмы «Вестингауз».

Уран вводится в машину в форме летучего соединения (вероятно, в виде шестифтористого урана). В специальной камере создается дуговой разряд, ионизирующий молекулы летучего уранового соединения. Получившиеся ионы приобретают большую скорость под действием электрического поля и в виде пучка направляются в сильное магнитное поле, где происходит разделение пучка на два, в одном из которых содержатся атомы урана-235, а в другом — атомы урана-238. Подобное разделение изотопов производилось на специально построенном заводе в Оак-Ридже. Весь завод, расположенный на площади 500 акров, состоял из 270 зданий; главный корпус имел длину 3,8 км; на заводе работало 24 тысячи рабочих. Были сконструированы и построены электромагниты длиной 250 фут., каждый из которых содержал несколько тысяч тонн стали, обладающей высокой магнитной проницаемостью. Для уменьшения потерь энергии на сопротивление и для усиления тем самым действия электромагнитов электропровода были сделаны из серебра, которого пошло 14 тысяч т, общей стоимостью 400 млн. долларов. Общая стоимость электромагнитов составила половину стоимости всего завода.

Трансураны

Приведенные в предыдущем разделе данные характеризуют сложность установок по выделению изотопа $U-235$ и необычайно высокую стоимость выделенного изотопа. Это обстоятельство побудило ученых начать поиски других типов атомных ядер, которые могли бы испытывать деление и давать цепную реакцию. Такие ядра оказались у элементов, встречающихся в природе, например у тория, но развитие у них ядерных цепных процессов связано с теми же трудностями, как и для урана-238. В 1941 г. проф. Лауренс предложил провести исследования элементов с порядковыми номерами, большими 92, — *трансуранов*. Проведенные исследования дали положительный результат, и потому усилия физиков с 1941 г. были направлены на получение и изучение трансурановых элементов.

Существование элементов с порядковыми номерами, большими 92, давно интересовало исследователей; еще в самом начале двадцатых годов Нерист высказывал гипотезу о роли трансуранов в создании обычных химических элементов. Вскоре после открытия нейтрона Ферми провел исследования по облучению урана нейтронами, пытаясь получить элементы с порядковыми номерами 93, 94 и т. д. В работе, опубликованной в 1935 г., Ферми сообщал об открытии им в уране после облучения его нейтронами элементов № 93, № 94 и т. д.

Дополнительные исследования, проведенные другими учеными, не подтвердили правильности выводов и заключений Ферми. Однако его идея о приготовлении трансуранов путем облучения урана нейтронами казалась осуществимой и вполне реализуемой.

Когда была открыта способность атомных ядер урана делиться под действием нейтронов, начались многочисленные экспериментальные исследования по облучению урана нейтронами. Было установлено, что нейтроны с энергией 25 эВ поглощаются ураном-238; при этом образуется изотоп урана $^{239}_{92}U$. Этот изотоп, оказавшийся нестойким, претерпевает бета-распад с периодом полураспада 23 минуты; в результате образуется новое ядро с зарядом 93, т. е. ядро нового элемента с порядковым номером 93. Этот элемент получил название нептуний, ($^{239}_{93}Np$). Оказалось, что ядра этого элемента радиоактивны, период бета-распада их 2,3 дня; испуская бета-частицы, они превращаются в ядра нового элемента, называемого плутонием ($Pu-239$), с выделением фотона.

Таким образом в результате облучения урана нейтронами в конечном итоге образуется плутоний $^{239}_{94}Pu$. Известно лишь, что плутоний подвергается альфа-распаду с очень большим периодом полураспада.

Параллельно с исследованиями трансуранов Лауренс сделал в 1944 г. предположение о возможности использования трансуранов, и именно плутония, в качестве взрывчатого элемента в атомных бомбах. К концу 1942 г. в США (в Беркли и Сен-Луи) было изготовлено с помощью циклотронов 0,0005 г. плутония, что позволило изучить его физико-химические свойства.

В противовес первоначальным предположениям плутоний оказался вовсе не эка-осмием (т. е. ана-

логом осмия), как это можно было предполагать если исходить из общих законов периодической системы элементов. Электронная оболочка плутония во внешних слоях не похожа на электронную оболочку осмия, а скорее напоминает урановую. Всего вероятнее, его следует назвать уранидом. Очевидно, с клеткой № 92 в периодической системе, там, где обычно помещается уран, дело обстоит примерно так же, как с клеткой № 57, в которую совместно помещают 15 элементов-лантанидов (вместе с лантаном № 57), поскольку атомы этих элементов весьма сходны по структуре внешних слоев их электронных оболочек. В последнее время появилась гипотеза, что высказанное выше предположение относительно клетки № 92 следует отнести к клетке № 89 (там, где помещается элемент актиний).

Предположение о том, что плутоний сможет развивать цепную реакцию деления атомных ядер, подобную той, которая наблюдается для урана-235, подтвердилась.

Когда теоретические предсказания возможности реализовать цепную реакцию деления ядер плутония были экспериментально обоснованы, встал вопрос о промышленном получении того элемента. Конечно, для этой цели не мог быть использован метод облучения урана дейтеронами, поскольку получение последних в циклотроне связано с затратой огромных средств. Поэтому возникла мысль получения плутония в обычном уране за счет расщепления в нем ядер $U-235$, которое, как известно, сопровождается образованием быстрых нейтронов. Эти последние, если не будут удаляться из куска урана, частично поглотятся $U-238$, что вызовет последующее образование плутония, а частично будут вызывать расщепление ядер изотопа урана, именно $U-235$.

Таким образом превращение, начавшись в куске обычного урана, будет продолжаться при непрерывно уменьшающемся количестве атомов $U-235$ и непрерывно возрастающем количестве атомов плутония. Это предположение полностью оправдалось.

Так как расщепление ядер атомов изотопа $U-235$ сопровождается образованием гамма-лучей и продуктов расщепления, обычно радиоактивных ядер новых элементов (бария, лантана, цезия и др.), несущих с собой большую кинетическую энергию, то кусок урана, в котором происходит образование плутония, будет чрезвычайно сильно разогреваться и кроме того будет выделять мощное радиоактивное излучение (бета-лучи, гамма-лучи). Из этого следует, что осуществление такого процесса требует применения особых мер, чтобы предотвратить рассеяние нейтронов из куска урана и понизить их энергию, поскольку ядра атомов урана-238 поглощают нейтроны лишь с энергией 25 эВ, а образующиеся при расщеплении $U-235$ нейтроны имеют энергию около 5 MeV.

С другой стороны, развитие последовательных превращений в куске урана возможно в том случае, если в уране нет таких атомных ядер (примеси), как ядра атомов бора, кадмия, которые поглощают нейтроны, выводя их из цепи последовательных ядерных превращений, что может вызвать затухание всего процесса. Вся совокупность процессов в куске урана может протекать слишком быстро, а это будет связано с очень большим выделением энергии, поэтому всегда следует иметь такие приспособления, которые должны, с одной стороны,

отводить энергию (охлаждать кусок урана), а с другой—уменьшать число нейтронов в куске урана. Таким образом для осуществления процесса получения плутония в уране необходимо выполнение следующих условий:

1. Особая чистота металлического обычного урана (смеси изотопов).
2. Наличие веществ, не поглощающих нейтроны, а способствующих понижению их скорости.
3. Предотвращение рассеяния нейтронов в пространстве.
4. Мероприятия по охлаждению урана.
5. Мероприятия по регулированию числа нейтронов в уране.
6. Выполнение определенных мероприятий по технике безопасности (охране обслуживающего персонала от радиоактивных излучений).

Технология получения плутония

Промышленное получение плутония стало возможным лишь после осуществления перечисленных выше условий. Поскольку уран обладает большой химической активностью (окисляется на воздухе, взаимодействует с водой, вытесняя водород, причем кислородные его соединения очень прочны), высокой температурой плавления (по всем литературным данным, температура плавления урана выше 1850° , лишь в книге Смита «Атомная энергия для военных целей» указывается температура плавления равная 1150°), получение металлического урана особой чистоты представляет большие трудности.

В качестве веществ, снижающих скорость нейтронов (модераторов), американцы использовали графит, а следуя немецким исследователям, они стали также применять тяжелую воду.

Снижение скорости нейтронов в графите следует представлять себе как следствие многочисленных упругих соударений их с ядрами атомов углерода. Точно так же при соударении с ядром водорода нейтрон теряет до 60 % своей энергии.

Однако использование обычной воды в качестве модератора не может быть рекомендовано ввиду поглощения медленных нейтронов протонами с образованием дейтеронов. Поэтому для этой цели ее заменяют тяжелой водой (D_2O), представляющей наиболее эффективный замедлитель.

Для получения тяжелой воды немцами и американцами созданы большие промышленные установки.

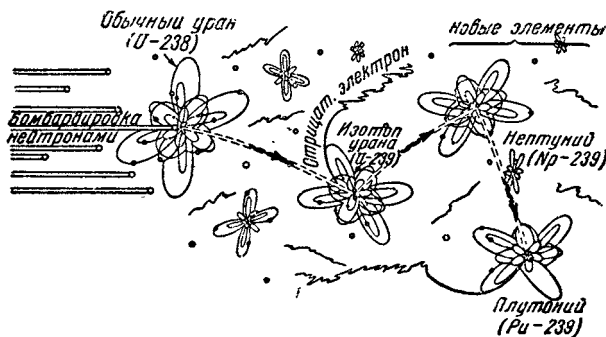
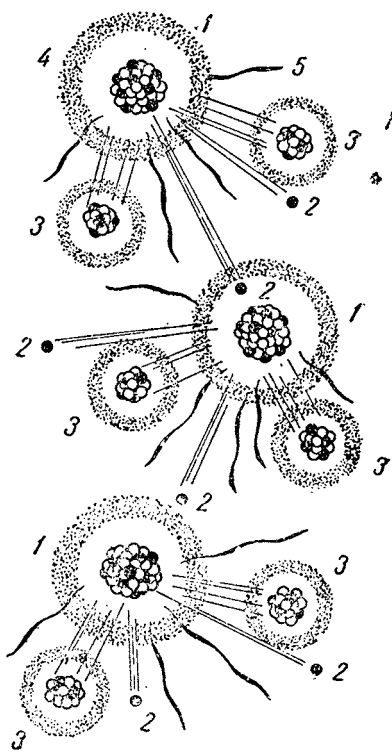


Рис. 11. Схема образования нептуния и плутония

Рис. 12. Схема
цепной реакции
деления ядер
плутония



Одним графит имеет большие преимущества для использования его в качестве замедлителя нейтронов. Оказалось, что он может быть использован для достижения одновременно двух целей: 1) понижения скорости нейтронов, т. е. как замедлитель, модератор и 2) отражения нейтронов для предотвращения выхода их из куска урана и рассеивания в пространстве. Чтобы удовлетворить этим двум условиям, бруски урана и бруски графита располагают в виде решетки, «штабеля», сферической формы или в форме параллелепипеда. Очевидно, нейтроны, вырвавшись из какого-либо бруска урана, попадают в брусок графита, где в результате столкновения с ядрами атомов углерода понижают свою скорость и возвращаются в конце концов в тот же брусок либо в какой-либо другой, например, соседний. Штабель имеет снаружи графитовую оболочку, что в значительной мере предотвращает рассеяние из него нейтронов. В результате выделения энергии внутри штабеля развивается очень высокая температура, для понижения которой сквозь штабель по алюминиевым трубкам пропускается вода. Для предупреждения коррозии брусков урана они заключаются в тонкую алюминиевую оболочку, а для предотвращения значительного ускорения процессов и для его регулирования сквозь штабель в некоторых местах пропускаются куски из бористой стали (т. е. стали, содержащей бор): ядра атомов бора обладают способностью поглощать нейтроны. Кроме бора, судя по некоторым литературным данным, в качестве вещества, поглощающего нейтроны, используются или кадмий или его сплавы. В бруске металлического урана, находящемся в штабеле, развивается цепная реакция деления ядер урана-235; по-

путно в бруске образуются ядра плутония-239. С течением времени количество ядер урана-235 в бруске уменьшается, а количество ядер плутония увеличивается и достигает в конце концов большой величины, ибо при накоплении ядер плутония в бруске они также начинают участвовать в цепной реакции деления. Есть основание предполагать, что цепная реакция деления плутония может заменить собой реакцию деления ядер урана-235. Таким образом в бруске урана, находящегося в штабеле происходит процесс уменьшения ядер урана-238 и увеличение продуктов деления плутония-239. Такой штабель будет работать без смены в нем брусков неопределенно долгое время, играя роль мощного источника энергии «фабрики энергии».

Первый графитовый штабель-блок для осуществления цепной реакции, ведущей к образованию плутония, начал работать в конце 1942 г. в Чикагском университете. В этот штабель было заложено 6 т металлического урана.

На основании положительных результатов работы первого штабеля в США построено еще несколько установок по получению плутония. На берегу реки Колумбия к северу от города Паско в штате Вашингтон построен завод Хенфорд Энжинир Уоркс. Завод был настолько хорошо засекречен, что многие лица предполагали, что он производит чулки из нилона. Стоимость этого завода составила сумму 343 млн долларов.

В Канаде закончена постройка завода по выработке плутония из урана с применением тяжелой воды в качестве замедлителя. Завод расположен на реке Оттава и занимает площадь 10 тысяч акров.

В связи с тем, что в процессе цепной реакции все части установки приобретают опасную для здоровья радиоактивность, они отделены защитными стеклами или бетонными стенами в несколько футов толщиной. По утверждению авторитетных лиц, после пуска установок эти экранирующие стенки уже не могут быть удалены, и установка совершенно недоступна для ремонта или замены. Когда радиоактивная радиация установки достигает некоторой определенной, наибольшей величины, автоматически приводятся в действие предохранители и регулирующие аппараты.

Из брусков металлического урана плутоний выделяется химическим путем; брусок растворяется в кислоте, и из получившегося раствора отделяются

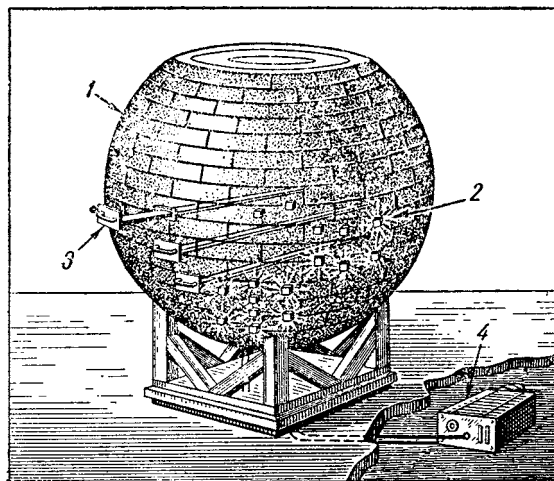


Рис. 13. Иллюстрация графитового «Штабеля».

1. Графитовый штабель из брусков графита, включающий бруски урана. 2. Урановые бруски, помещенные среди брусков графита. 3. Стержни из бериллой стали или кадмиевых сплавов для регулирования процесса. 4. Скрытый детектор радиации.

соли плутония. Последовательность операций отделения плутония хранится американцами в строжайшем секрете. Во всяком случае подобный процесс выделения плутония весьма опасен для здоровья, так как при растворении бруска урана, вынутого из графитового штабеля, образуется множество солей радиоактивных металлов—бария, цезия, лантана и т. д., получившихся в результате расщепления ядер атомов урана-235. Пущенный графитовый штабель может работать весьма долго; достаточно лишь заменять в нем бруски урана.

Атомная энергия для мирных целей

Вопрос о практическом применении атомной энергии для мирных целей по сути дела есть вопрос о промышленном ее использовании. Описанные выше графитовые штабеля, в которых производится плутоний, в результате протекающих в них процессов выделяют огромные количества энергии, которая уводится из штабеля охлаждающей водой. Так, по отчету профессора физики Принстонского университета Джона Уилера о посещении им завода Ханфорд Энжиниринг Уоркс на реке Колумбия в штате Вашингтон производство одного килограмма плутония в день сопровождается выделением $1\,500\,000 \times 24 \times 8,6 \cdot 10^5$ малых калорий, что эквивалентно

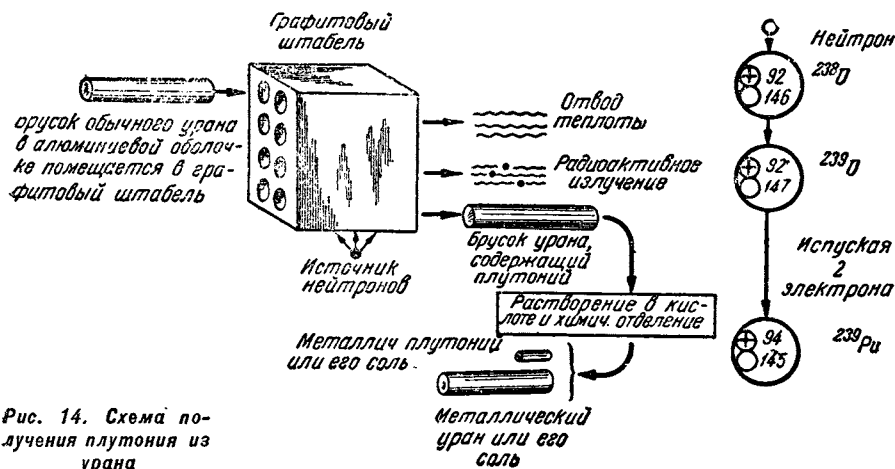
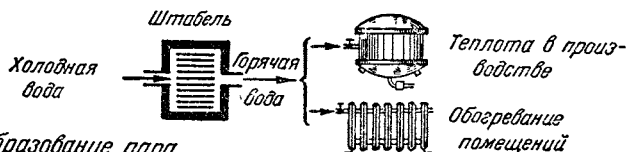
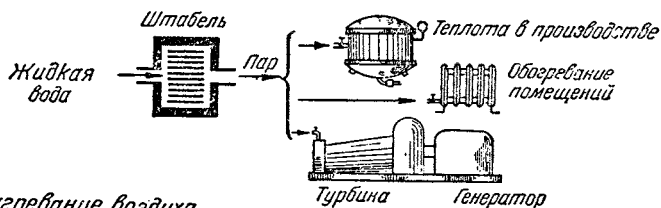


Рис. 14. Схема получения плутония из урана

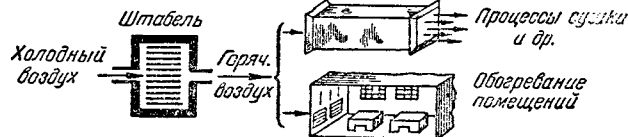
I. Нагревание воды



II. Образование пара



III. Нагревание воздуха



IV. Применение газовых турбин

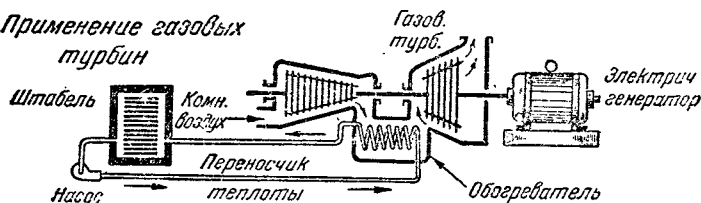


Рис. 15. Формы использования ядерной энергии (схема)

но энергии, образующейся при сгорании 4300 т каменного угля с теплотворностью 7000 ккал/кг. Это обстоятельство позволило Дж. Уилеру высказать мысль, что в будущем получение плутония или других элементов, предназначенных для использования их как взрывчатых веществ, будет задачей второй очереди, а первоочередной явится получение энергии.

Имея в виду большое количество энергии, выделяемое цепной реакцией деления, мы вправе ожидать, что для охлаждения штабеля потребуется очень большое количество горячей воды. Это значит, что работа штабеля будет сопровождаться образованием больших количеств низкотемпературной «теплоты». Кроме воды, охлаждающей средой может быть воздух и другие вещества. Таким образом в настоящее время в принципе уже возможно практическое использование ядерной энергии с помощью силовых установок, могущих работать с низкотемпературным тепловым источником. Формы использования ядерной энергии изображены на рисунке.

Появление на арену человеческой деятельности нового вида энергии всегда неизменно сопровождалось появлением новых конструкций двигателей и силовых установок. Можно ожидать, что возможность практического использования атомной энергии вызовет появление новых машин и силовых установок нового типа. Многими авторами уже выдвигаются различные проекты промышленного использования атомной энергии в виде установок, работающих за счет теплоты, уносимой охлаждающим графитовый штабель веществом.

Однако наряду с оптимистическими взглядами на возможность широкого использования в технике атомной энергии в американских журналах опубликовано множество статей, весьма скептически оценивающих перспективы реализации атомной энергии даже в промышленных установках. Авторы этих статей указывают, что о возможности замены угля и нефти как источников энергии источниками атомной энергии сейчас можно говорить с большой осторожностью.

На основании анализа всех литературных данных можно вывести заключение о больших трудностях, которые надо преодолеть, чтобы сделать возможным использование атомной энергии для небольших силовых установок. Одной из таких трудностей является крайняя вредность этих установок для здоровья. Защита от действия радиоактивных излучений настолько громоздка, что исключает применение источников атомной энергии для небольших транспортных двигателей. Поэтому всякие идеи об использовании источника энергии, например, в виде тела размером со спичечную коробку, достаточного для сообщения автомобилю движения на сотни тысяч километров, являются пока необоснованной фантазией. Состояние наших знаний о формах выделения ядерной энергии позволяет надеяться лишь на возможность использования этой энергии для больших промышленных установок — фабрик энергии.

Как оценивают роль атомной энергии многие ученые, можно видеть по содержанию статьи Крамера. По мнению автора, в ближайшее время наиболее вероятным применением атомной энергии для мирных целей является использование ее для выработки электроэнергии. Однако в настоящее время высокая стоимость этой энергии не позволяет ей конкурировать с обычным топливом.

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ЗАПОВЕДНИКИ СССР

С. М. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ

кандидат географических наук

Заповедники—это определенные участки сохранившейся в естественном состоянии природы, типичной для данной ландшафтной географической зоны с ее животным и растительным миром, озерами, источниками, пещерами, скалами, ущельями и т. д. Все заповедники являются научно-исследовательскими учреждениями. В царской России их не было, они учреждены только при советской власти. Декрет об организации первого государственного заповедника — Ильменского на Урале — был подписан В. И. Лениным в 1920 г.

Вопрос об учреждении заповедников неоднократно возбуждался и в дореволюционное время. Его поднимала и Академия Наук и научные общества—Русское географическое общество, Московское общество испытателей природы, Петербургское общество естествоиспытателей, а также и съезды: Исторический (1908), Всероссийский охотничий съезд (1909), XII Съезд Русских естествоиспытателей и врачей (1909) и др.

В числе первых ученых-натуралистов, призывавших к созданию заповедников, были академики И. П. Бородин, Н. М. Кулагин, В. Л. Комаров, профессора Г. А. Кожевников, В. И. Талиев, С. А. Бутурлин, А. П. и В. П. Семеновы Тянь-Шанские, Б. М. Житков, а также Н. Н. Подъяпольский, В. А. Хлебников и др.

Один из активных пионеров заповедников проф. В. И. Талиев в 1913 г. писал: «... полное уничтожение первоначальной природы сделает навсегда невозможным решение многих научных вопросов и причинит этим непоправимый ущерб дальнейшему развитию науки...»

...«Старый вековой дуб, полоска целины с серебристым ковылем, одиноко стоящий курган на степи, серый валун, лежащий в поле, говорят нам о

потоке жизни, окружающем нас, о прошлых веках и тысячелетиях, из глубины которых сложился настоящий мир».

В. П. Семенов Тянь-Шанский говорит, что заповедники предназначены... «для того, чтобы достойно представить и сохранить для потомства на вечные времена образцы типичных, неприкосновенных, естественных географических ландшафтов и памятников природы».

Интересно отметить, что еще в конце прошлого века, в 1882 г., местное охотничье население Камчатки по собственной инициативе установило на определенной территории заповедный режим для сохранения промысловых зверей, особенно соболя, тогда уже сильно истребленного. Охрана заповедности поддерживалась таежными традициями самих охотников; нарушитель сурово карался (теперь в тех местах создан Кроноцкий государственный заповедник).

Однако ни обоснованные ходатайства научных учреждений, ни доводы авторитетных ученых, ни, наконец, опыт охотничье-промыслового населения, наглядно доказавшего народнохозяйственную целесообразность заповедников, не оказались убедительными для царского правительства,—заповедники так и не были организованы.

Только после Великой Октябрьской социалистической революции дело охраны природы в СССР получило широкое развитие. Первые государственные заповедники—Ильменский и Астраханский—зародились еще в годы гражданской войны. Основателями дела охраны природы в СССР и создания системы советских заповедников были Н. М. Кулагин, П. Г. Сидович, В. Н. Макаров, а также и некоторые из названных выше ученых.

За четверть века истекших со времени создания

первого заповедника, основано около 100 заповедников, разбросанных по огромной территории Советского Союза. Они имеются и у берегов Тихого океана, и на островах Баренцова и Белого морей, в сибирской тайге, в степях Казахстана и в горных хребтах Саян, Алтая и Урала, в средней полосе России, в Крыму и на Кавказе, в Белоруссии и на Украине, в Средней Азии, на Каспии и в других местностях СССР. Общая площадь под заповедниками составляет свыше 10 млн га. На этой площади могли бы разместиться такие государства, как Бельгия, Швейцария, Голландия, Люксембург и др. Размеры заповедников в зависимости от природных и экономических условий различны—от нескольких тысяч гектаров, как например «Тульские засеки», Центрально-Черноземный заповедник и др., до таких огромных, как Алтайский, Кроноцкий, Печеро-Ильичский, Саянский, занимающих площади более 1 млн га каждый, и в Дальневосточном крае Сихотэ-Алиньский с площадью 1 700 тыс. га.

Заповедники расположены в основных географических ландшафтных зонах с характерными для них климатами, реками и озерами, рельефом, растительностью и животным населением, формировавшимися веками.

Исключительны и многообразны богатства природы заповедников. Массивы не тронутых человеком хвойных лесов на севере, широколиственные дубравы, сохранившиеся в средней полосе, целинные степи на Украине и в Казахстане. В заповедных лесах—стада лосей и оленей (изюбрей, маралов, пятнистых и пр.), косули, белки, лисицы, зайцы, куницы, в тайге—соболі и нередко медведь, кабан и много других зверей. В горах—свои звери: туры, серны—на Кавказе, муфлоны—в Крыму, снежный баран—на Дальнем Востоке. В степях Казахстана еще уцелел кулан (дикий осел). По рекам в некоторых заповедниках (Воронежский, Хоперский, Онский и др.)—поселения бобров, с их хатками и инженерными сооружениями—плотинами. Бобры мастерски регулируют высоту уровня в устроенных ими водоемах.

Богато и разнообразно перелетными, кочующими и оседлыми видами птичье население заповедников. Замечательны птичьи базары¹ в заповеднике «Семь Островов» в Баренцовом море. В этом же заповеднике, а также в Кандалакшском (на Белом море) гнездится очень ценная птица—гага, дающая прекрасный теплый пух. В Астраханском—колонии белых цапель,—в прежнее время почти истребленных ради их прекрасных белых перьев, которые во множестве шли на модные украшения—стада розовых и

кудрявых пеликанов, каравайки, колпицы и бесчисленные стаи уток и чаек. Много водоплавающих и болотных птиц и в других заповедниках. На северных водоемах летом гнездятся лебеди, гуси. В Кизыл-Агачском заповеднике (на Каспийском море) зимует множество птиц и среди них—розовые фламинго. Немало встречается в заповедниках и пернатых хищников, в том числе и орлов; множество в них и различных мелких птиц.

Заповедные водоемы—реки и озера—населены многими видами рыб. Среди них имеются и пресноводные и проходные и морские. В водах Печеро-Ильичского заповедника нерестится семга. В реках и протоках Астраханского заповедника обитают судак, сазан, сом и многие другие; сюда же заходят во время нереста осетр и белуга. На Дальнем Востоке в реках заповедников нерестятся кета и горбуша. Богаты рыбой реки и озера и других заповедников.

Среди растений и животных—обитателей заповедников—имеются ценнейшие и редкостные виды—эндемики² и реликты³, уцелевшие до нашего времени. К числу последних в растительном мире относятся деревья тисс и самшит, образующие Хостинскую рощу в Кавказском заповеднике. Некоторые экземпляры этих деревьев имеют возраст до 2—3 тысяч лет, это—живые современники многих исторических событий нашей Родины. В Кавказском же заповеднике, где ведутся работы по восстановлению зубров, живет гибридное стадо зубробизонов. Чистокровные зубры, которых насчитывается во всем мире несколько десятков, обитают в Беловежской пушче. В Астраханском заповеднике (в дельте Волги) имеются заросли лотоса, встречающегося еще на земном шаре не больше чем в местах четырех. Так же редкостны муфлоны, живущие в Крымском заповеднике, горалы—в Судзукском (в Приморском крае) и Сихотэ-Алиньском заповедниках, снежный баран—в Кроноцком (на Камчатке). В Сихотэ-Алиньском заповеднике на Дальнем Востоке живет и уссурийский тигр.

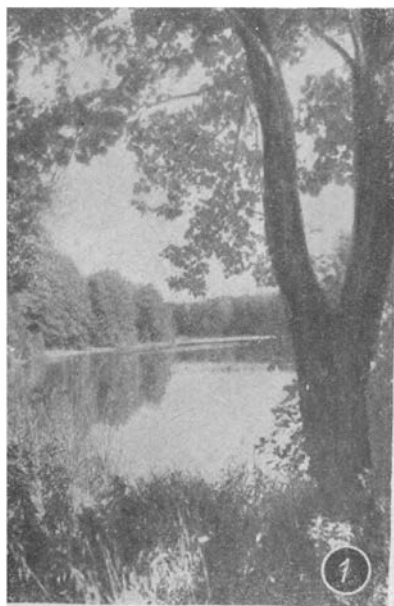
В заповедниках установлен, так называемый режим заповедности, т. е. усиленная охрана природных богатств и естественных условий жизни растений и животных. Во многих заповедных лесах никогда не раздавался стук топора, а звери не слышали выстрела и лая гончих собак. Не раскладывают там и костров, и поэтому запах дыма всегда вызывает тревогу у работников заповедников.

Растения и дикие животные, обитающие в запо-

¹ Птичьи базары—многочисленные поселения разных морских птиц на скалах и береговых обрывах островов полярных морей.

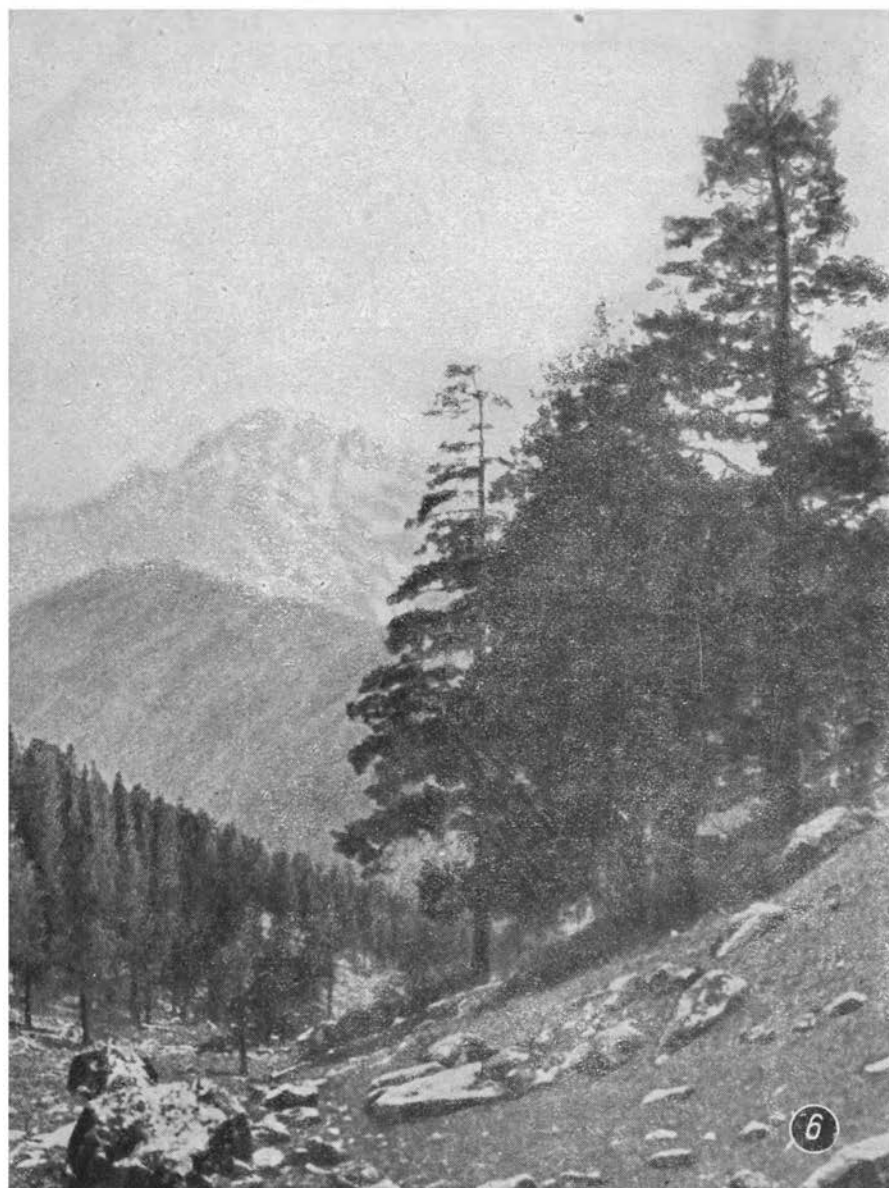
² Эндемики—виды животных и растений, возникшие в данной местности и свойственные только ей.

³ Реликтовые растения и животные—виды, сохранившиеся от более древних эпох и в настоящее время встречающиеся лишь на очень ограниченных участках.



1. Озеро в Мордовском заповеднике.
2. Рена Уруштен в Кавказском заповеднике. 3. Туры в Кавказском заповеднике. 4. Зубры в Беловежской Пуще. 5. Европейский олень в Воронежском заповеднике. 6. Тебердинский заповедник, ущелье. 7. Гагачат в Нидаланшском заповеднике на Белом море (фото Минневича). 8. Птичьи базары в заповеднике «Семь Островов» на Кольском полуострове. 9. Белая цыпля в Аспраханском заповеднике.





ведниках, не только охраняются от истребления, — о них постоянно заботятся. Для копытных устраивают солонцы и в многоснежные суровые зимы выкладывают подкормку — стожки сена, веники. Для птиц развешиваются дуплянки. Зверям, которым угрожает паводок, устраивают в водоемах «островки спасения» и плотины. Звери и птицы прекрасно используют все то, что приготовляет для них человек. Таким образом создаются чрезвычайно благоприятные условия для обитания растений и животных и особенно для их размножения. И в заповедники прилетает гнездиться множество разных птиц, в заповедные водоемы входит для нереста масса рыб. Сюда же стекаются в период отела лоси и олени.

Поголовье животных, охраняемых в заповедниках, интенсивно увеличивается. Так например, в Астраханском заповеднике в 1928 г. насчитывалось несколько десятков кабанов, а в 1941 г. их было больше 1800 голов. В Баргузинском в 1930 г. было около 50 соболей, а уже в 1939 г. их стало 850. В Воронежском в 1919 г. было лишь 7 европейских оленей, а в 1943 г. — уже 230 голов; там же в 1927 г. было 150 речных бобров, а в 1943 — более 1500. В Кавказском заповеднике в 1925 г. было 150 кабанов, а в 1938 г. их насчитывалось 2000, число кавказских оленей в том же заповеднике повысилось от 230 в 1935 г. до 3300 в 1941 г., а серн с 134 до 3200, туров — с 1 136 до 7 400; и по другим заповедникам можно привести еще много подобных примеров увеличения поголовья лосей, оленей, косуль, соболей, бобров, выхухолей и других ценных и интересных зверей, птиц, рыб.

Говоря о численности животных, небезинтересно упомянуть, что в заповедниках систематически производится учет их, причем по большинству животных относительный, а по некоторым абсолютный.

Одних животных учитывают по следам, других по голосам, третьих по гнездам или норам, некоторых буквальным перечетом, например — оленей на пастбищах и на водопоях и т. п.

Кроме увеличения основных обитателей заповедников, в некоторых из них акклиматизированы виды зверей, ранее здесь не обитавших. Так например, в Окском, Хоперском и Куйбышевском заповедниках акклиматизированы пятнистые олени, в Башкирском — маралы. И те и другие животные относятся к видам, имеющим узкие ареалы⁴, вследствие чего им могла угрожать гибель при каких-либо катастрофических происшествиях. Успешно проводятся работы по восстановлению ранее обитавших здесь животных, например, по восстановлению зубров в Кавказском и бобров в других заповедниках.

Но не все животные находят себе приют и охрану

в заповедниках — волки, рыси, росомахи и некоторые другие вредные хищники в заповедниках истребляются. Точно так же в заповедниках проводится борьба с лесными насекомыми-вредителями. Для этой цели применяются главным образом биологические методы, которые заключаются в усиленном привлечении в заповедные леса насекомых-хищников и в содействии размножению насекомых, паразитирующих на вредителях и уничтожающих их.

В заповедниках широко проводится кольцевание птиц для изучения их сезонных перелетов, пролетных путей, расселения и т. д. Эта работа не прекращалась и в годы войны. В заповедниках окольцованы десятки тысяч различных птиц. Центральное Бюро кольцевания в СССР находится при Главном управлении по заповедникам РСФСР.

• • •

В наших заповедниках много древних озер, горячих и других источников и рек, не знающих дамб. В горных заповедниках — ледники, стремнины, водопады, ущелья, пещеры, скалы. Замечательны сбросы в Жигулях в Куйбышевском заповеднике.

Ильменский заповедник славится натуральными россыпями самоцветов. Недаром этот заповедник называют «минералогическим раем». В Кроноцком заповеднике на Камчатке — действующие вулканы. В нем же в 1941 г. открыты впервые в СССР гейзеры. Самый большой из них, Великан, через каждые 2 часа 46 минут выбрасывает столб кипятка диаметром около 3 м на высоту до 50 м. Извержение продолжается 4 минуты. Температура воды гейзеров перед извержениями около 95°C. Недалеко от гейзеров, в долине речки, названной Гейзерной, с теплой минерализованной водой, нижние части склонов усеяны выходами горячей воды: из множества отверстий различных размеров — от совсем узеньких, — с соломинку, до метра в диаметре — толчками, с паром и брызгами выбивается вода.

Заповедники СССР расположены в самых разнообразных климатических зонах. Климатические условия имеют огромное значение для природы заповедников, и их изучению уделяется большое внимание. Почти во всех заповедниках работают метеорологические станции, снегомерные и метео-и гидропосты.

• • •

В заповедниках проводятся научные исследования по биологии, физической географии, геологии, почвоведению, минералогии. В этих работах, кроме основных научных сотрудников заповедников, принимают деятельное участие академики, профессора, доценты различных научно-исследовательских институтов. В заповедниках проводят прак-

⁴ Ареал — область естественного распространения какой-либо группы растений или животных.

тические занятия студенты, главным образом зоологи, ботаники, географы.

В «Трудах заповедников» и в «Научно-методических записках Главного управления по заповедникам РСФСР» опубликовано более 200 научных работ. Часть работ имеет исключительное значение, например исследования по бобру в Воронежском заповеднике, по зубру—в Беловежской пуше и в Кавказском заповеднике, по уссурийскому тигру—в Сихотэ-Алиньском и др. Весьма интересны ведущиеся в заповедниках «Летописи природы», в которых отражена история заповедной природы, ее развитие, динамика, происшедшие изменения и различные явления.

Кроме научно-исследовательской работы наши заповедники ведут массовую культурно-просветительную работу.

Исключительной ценностью природных богатств и своими научными исследованиями многие заповедники приобрели международную известность и вполне заслуженно привлекают к себе внимание зарубежных ученых, хотя организованы они значительно позднее, чем большинство зарубежных заповедников. Так например, знаменитый национальный парк США—Йеллоустонский—основан в 1872 г., а национальный парк «Горячие Ключи» еще раньше—в 1832 г. В США в прошлом столетии было обращено внимание на охрану природы. В течение ряда лет во главе этого дела стоял президент Ф. Рузвельт.

• • •

Несколько слов о людях заповедника. Особые условия работы в заповедниках, где большую часть времени занимают полевые работы, сопряженные с многими лишениями, а нередко и с опасностями, предъявляют особые требования к людям, работающим здесь. Сотрудники заповедников—это не только опытные натуралисты с большой наблюдательностью, столь необходимой исследователю, но также люди, закаленные в экспедиционных условиях, не боящиеся трудностей и невзгод. Это в равной степени относится и к мужчинам и к женщинам. В Астраханском заповеднике научные сотрудницы, изучая жизнь птиц, нередко по несколько суток проводят в одиночку в «Каспийских джунглях», ночуя в лодке и обычно даже без оружия. В горных заповедниках сотрудницы—прекрасные всадницы. Т. И. Устинова, научная сотрудница—геолог Кроноцкого заповедника, открывшая гейзеры, много месяцев летом провела в седле, а зимой—на нартах с собачьими упряжками. А директор Судзукхинского заповедника Л. Г. Капланов, изучавший биологию уссурийских тигров, погиб на своем посту.

Во время войны сотрудники Кавказского заповедника при приближении врага, рискуя жизнью, перегнали из заповедника и тем спасли стадо зубров.

Многие сотрудники заповедников во время войны сражались с врагом с оружием в руках. На временно оккупированных территориях немало сотрудников ушло в партизанские отряды. Часть из них уже не вернулась больше к своей работе, они отдали свою жизнь за дело освобождения любимой Родины. Так, был казнен немцами старший лесничий заповедника «Тульские Засеки», командир партизанского отряда М. П. Семенов. Пали смертью храбрых молодые ученые В. М. Модестов, В. С. Успенский, В. И. Буковский, В. М. Кафтамовский и др.

• • •

В годы Великой отечественной войны несколько заповедников оказалось в зоне военных действий и на территории, временно захваченной неприятелем. Враги произвели в этих заповедниках большие разрушения: порубили и обезобразили лес, уничтожили много ценных животных, украли научное оборудование, сожгли дома. Особенно пострадал Крымский заповедник, бывший центром партизанской борьбы в Крыму. Оккупанты сильно повредили его буковые леса, убили около полутора тысяч крымских оленей и много муфлонов, разрушили все строения, не пощадив и старинные. К счастью в Тебердинском и в частично захваченном Кавказском заповеднике немцы не успели нанести сильные повреждения, так как были стремительно выброшены оттуда нашими войсками. Сейчас заповедники постепенно заживают раны, восстанавливают постройки, но следы некоторых повреждений все-таки останутся.

• • •

В 1945 году вскоре после окончания войны были организованы два новых заповедника: Дарвинский на Рыбинском водохранилище и Московский, состоящий из пяти отдельных участков, расположенных в Московской области.

В новом пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства запроектирована организация около 20 новых заповедников в различных местностях СССР. В числе их намечены: полуострова Ямал и Таймыр, Якутия, Сахалин и другие области.

Вступив во вторую четверть столетия своего существования, заповедники в СССР, несомненно, успешно разрешат стоящие перед ними большие научные задачи.

ЖИЗНЬ И ТВОРЧЕСТВО ДМИТРИЯ ИВАНОВИЧА МЕНДЕЛЕЕВА

К 40-ЛЕТИЮ СО ДНЯ СМЕРТИ

Академик С. И. ВОЛЬФКОВИЧ

Среди замечательных русских химиков, прославленных в истории мировой науки, имя Менделеева занимает особо выдающееся место.

Творец одного из основных законов естествознания—периодической системы химических элементов —и создатель «Основ химии» — труда, впервые обобщившего и систематизировавшего огромное число разрозненных химических фактов и наблюдений, Менделеев заложил прочный фундамент для строительства современного здания химической науки. Периодический закон сопутствует каждому химику на протяжении всей его деятельности; этот закон является исходной основой для тысяч новых исследований во всех странах мира.

Обладая кипучей инициативой, огромной трудоспособностью, глубокими знаниями в самых разнообразных областях химии, физики, техники и других наук, Менделеев целиком отдавал себя служению своей родине и своему народу. В своих многочисленных трудах он дал полную смелых замыслов программу использования природных богатств и индустриализации нашей страны. Менделеев с полным правом может быть назван провозвестником и отцом химизации отечественной промышленности и сельского хозяйства.

В годы творческой деятельности Менделеева (вторая половина XIX в.) Россия переживала начальный период развития капитализма; в то время она делала лишь первые робкие шаги по пути использования своих природных богатств. В этих условиях деятельность Менделеева явилась мощным революционным двигателем научного и технического прогресса. Она поистине стала «фонарем» (выражение Д. И. Менделеева), освещавшим путь к великому

будущему России. Одновременно Менделеев неутомимо работал над актуальными и реальными задачами своего времени. Он страстно желал поднять современную ему науку, промышленность и благосостояние нашего народа. В своих многочисленных печатных трудах и проектах он остро ставил задачу превращения нашей страны в экономически независимую индустриальную державу.

Теория и практика, наука и жизнь, слово и дело— были у Менделеева едины и нераздельны.

Жизнь и научные труды Менделеева, этого гиганта человеческой мысли и воли, с каждым годом привлекают все возрастающее внимание культурного человечества и оказывают все большее влияние на развитие химических и физических наук.

• • •

Дмитрий Иванович Менделеев родился 27 января 1834 г. в Сибири в г. Тобольске. Отец его—Иван Павлович Менделеев был директором гимназии. В год рождения Дмитрия Ивановича он потерял зрение, вследствие чего должен был оставить службу и перейти на скудную пенсию. Воспитание детей и все материальные заботы о многочисленной семье (Д. И. был семнадцатым ребенком) целиком упали на плечи матери Д. И.—Марии Дмитриевны, весьма энергичной и умной женщины, которая, для того чтобы обеспечить семье средства к существованию, взяла на себя управление стекольной фабрикой своего брата, в 25 км от Тобольска.

Семи лет Д. И. поступил в гимназию. Учился он удовлетворительно по всем предметам, кроме языков, особенно латыни, по которой часто получал единицы и нули. Наоборот, к математике, физике

и истории он проявлял большой интерес. В 1848 г. сгорел стекольный завод, которым управляла М. Д. Менделеева, и семья переехала в Москву к брату матери. В 1849 г. 15 лет от роду Д. И. окончил гимназию. Так как он окончил Тобольскую гимназию, принадлежавшую Казанскому, а не Московскому округу, то, по правилам того времени, он не был принят в Московский университет. Лишь после долгих хлопот он был принят в закрытое учебное заведение—Петербургский педагогический институт на физико-математический факультет, дав обязательство по окончании курса прослужить 8 лет по назначению начальства.

В 1854 г., когда студенту Менделееву было всего 20 лет, появилась его первая печатная работа о составе минералов ортита и пироксена.

В 1855 г. Менделеев окончил Институт с золотой медалью. Из-за слабого здоровья он, по совету врачей, уехал из Петербурга в Симферополь, а оттуда в Одессу, где преподавал в гимназии. После защиты диссертации на степень магистра на тему «Об удельных объемах» в 1853 г., Д. И. был направлен в научную командировку на 2 года в Германию—в Гейдельберг, где работал у выдающихся физико-химиков того времени—Бунзена и Кирхгофа, проводил исследования над капиллярностью, расширением жидкостей и температурой абсолютного кипения. Здесь он впервые установил существование критической температуры кипения жидкостей. За границей Менделеев напечатал несколько выполненных им лабораторных исследований и познакомился с рядом крупных иностранных ученых. По возвращении в Петербург он целиком погружается в кипучую педагогическую, исследовательскую и литературную работу.

В 1863 г. Д. И. Менделеев становится профессором Петербургского практического технологического института, а с 1866 г.—Петербургского университета, читает курсы органической, неорганической и технической химии. Кроме того, он преподает и в других учебных заведениях (среди них следует отметить существовавшие тогда Владимирские женские курсы). Живейшее участие Менделеев принимал в организации известных Вестужевских женских курсов.

В 1869 г. Менделеев открывает периодический закон, выпускает знаменитый труд—«Основы химии», выдержавший затем многочисленные издания на русском, а также на английском, немецком, французском и других языках.

Германский химик Лотар Мейер, вскоре после Менделеева также сделавший попытку создать периодическую систему элементов, однако не понял ее глубокого теоретического значения и не сделал тех обобщающих выводов и предсказаний о предстоящих открытиях новых элементов и исправлении тогдаш-

них знаний о свойствах некоторых элементов, которые сделал Менделеев и которые впоследствии блестяще оправдались. Поэтому попытки ряда германских химиков приписать первенство открытия периодического закона Лотару Мейеру противоречат историческим фактам и являются тенденциозным стремлением немецких националистов умалить значение открытия русской науки и возвеличить германского ученого.

Борьба так называемой немецкой школы за ведущее место в Российской Императорской Академии Наук сказалась также при выборах в Академию Наук в 1880 г., когда Менделеев был забаллотирован и академиком был избран посредственный химик Бейльштейн. Этот факт вызвал многочисленные протесты со стороны общественных и научных кругов России.

В 1865 г. Менделеев защитил диссертацию на степень доктора химии на тему «О соединениях спирта с водой».

В 70—90-х годах он изучает нефтяные, каменноугольные и железные месторождения России. В этот период он совершает поездку в Америку для осмотра Пенсильванских нефтяных залежей. На основании этих поездок и детального изучения сырьевой и топливной базы России он публикует ряд технико-экономических статей о необходимости подъема отечественной каменноугольной, нефтяной и металлургической промышленности, намечая многочисленные и смелые мероприятия для скорейшей реализации своих проектов. За тот же период он проводит многочисленные исследования по сжимаемости газов, по сопротивлению жидкостей, изучает растворы, занимается метеорологией и вопросами воздухоплавания.

В 1890 г., после 23 лет преподавания, Менделеев покидает университет из-за конфликта с министром народного просвещения Деляновым, отказавшимся во время студенческих волнений принять переданную Менделеевым петицию студентов Петербургского университета. Менделеев не мог примириться с подобным отношением к науке и молодежи со стороны правительства и с душевной болью покинул любимый университет.

В 90-х годах труды Менделеева получают широкое признание иностранной науки: его приглашают в Лондон для прочтения Фарадеевской лекции, избирают членом многочисленных иностранных Академий, обществ, пр. Мируют почетными званиями и медалями и пр. Менделеев был избран почетным членом Американской, Ирландской и Югославской Академий наук, Дублинского Королевского общества, действительным членом Лондонского Королевского общества, Эдинбургского Королевского общества, Римской, Бельгийской, Датской, Чешской, Краковской и других академий наук. Многочис-

ленные иностранные университеты—Кембриджский, Оксфордский, Геттингенский, Принстонский и др.—избрали его почетным доктором и несколько десятков иностранных научных обществ—своим почетным членом.

По уходе из университета он сосредоточивает свою деятельность, главным образом, в технической и экономической областях, ведя одновременно большую научную и литературную работу. После ухода из университета Менделеев сделал попытку издавать газету под названием «Подъем», для освещения путей культурного и промышленного подъема России, но правительственные инстанции не разрешили ему издание газеты. Он принимает активное участие в издании Энциклопедического словаря Брокгауза и Ефрона, редактируя в нем химико-технический и промышленный отделы и помещая ряд своих собственных статей. С 1898 г. он был назначен хранителем (управляющим) Главной палаты мер и весов. Это учреждение он поставил на исключительную высоту и впервые организовал в нем большую научно-исследовательскую работу.

В последние годы своей жизни Д. И. Менделеев выпускает «Заветные мысли» и ряд статей, в которых высказывает мысли о важнейших проблемах народного хозяйства и культуры, проявляя в ряде мест противоречивое сочетание революционной инициативы с некоторым политическим консерватизмом.

В 1906 г. вышла его книга «К познанию России», содержащая высказывания Менделеева о путях дальнейшего развития отечественного народного хозяйства. Эта книга в течение трех месяцев переиздавалась несколько раз.

В 1907 г., 20 января, 73 лет от роду Менделеев умер от воспаления легких.

Литературное наследие Д. И. Менделеева составляют 421 печатная работа, из которых 40 посвящено химии, 106—физико-химии, 99—физике, 22—геофизике, 99—технике и промышленности, 26—экономическим и общественным вопросам и 29—другим темам. Приблизительно две трети статей и тру-

дов посвящены оригинальным научным и техническим работам и одна треть—литературным и обзорным работам и учебным пособиям.

• • •

Бессмертным творением Менделеева является открытый им периодический закон химических элементов (1869—1887 гг.)—это основа основ современной химии.

Периодический закон показал, что все химические элементы закономерно связаны между собою. Если элементы расположить в последовательности возрастания их атомных весов, как это сделал Менделеев, то оказывается, что они периодически, через правильные промежутки (через определенное количество элементов), проявляют сходные свойства. Этим было впервые показано, что все многообразие химических элементов и их соединений в природе представляет стройную систему, причем свойства элементов закономерно зависят от их атомного веса или же, как было установлено позднее, от их атомного номера. В результате поисков закономерностей и взаимозависимостей известных во время работ Менделеева 64 химических элементов он располо-

жил их в виде таблицы, которую называют таблицей Менделеева¹.

Периодический закон не только установил четкую систему и взаимозависимость физических и химических свойств веществ, но и дал Менделееву возможность предсказать открытие ряда новых, до того времени неизвестных элементов с определенными, точно выявленными свойствами. В течение последующих лет исследователи открыли все недостававшие в периодической системе элементы (галлий, скандий, германий и др.), полностью подтвердив предсказания Менделеева.

На основании периодического закона Менделеев внес ряд исправлений в принятые тогда величины

¹ Таблица периодической системы дана в № 3 нашего журнала за 1944 г.



Д. И. Менделеев в 1887 г.

атомного веса и данные о свойствах некоторых элементов, которые до этого не вызывали сомнений. Вычисленные на основе закона Менделеева атомные веса индия, бериллия, титана, церия, урана и платиновых металлов оказались правильными, а полученные до этого экспериментальные данные—неверными.

Открытие явления радиоактивности в XX в. резко изменило представления об атомах. Оказалось, что атомы, считавшиеся неделимыми, имеют сложное строение—они состоят из ядер и вращающихся вокруг ядер электронов. Атомные ядра, в свою очередь, оказались сложными образованиями, состоящими из протонов, нейтронов и других частиц. Из комбинации этих частиц состоят атомы всех элементов. Далее последовало открытие изотопий² элементов, открытие искусственной радиоактивности, возможности деления атомов и взаимных превращений³ элементов. Эти открытия явились подлинной революцией в наших представлениях о строении и свойствах вещества.

Многим казалось, что закон Менделеева в свете новых открытий рухнет. Однако на самом деле все эти открытия не только не нарушили, а углубили и развили закон Менделеева.

Новые исследования физиков и химиков объяснили, почему свойства атомов изменяются периодически в соответствии с ростом их атомного номера, т. е. в зависимости от числа зарядов ядра. Периодичность оказалась результатом электронного строения атомов. В новом виде каждая колонка таблицы Менделеева включает, кроме атомного веса и порядкового номера, также число электронов атома и другие характеристические константы.

Периодический закон послужил и продолжает служить путеводной звездой для новых исследований и творческих исканий в различных областях наук—химических, физических, геологических, технических и др. Принцип периодичности, сформулированный в законе Менделеева, был перенесен на изучение разнообразных природных явлений и свойств, вызвав поиски всякого рода соотношений, которые могли бы более глубоко осветить природу и строение вещества.

Необходимо отметить, что, открывая периодический закон, Менделеев опроверг господствовавшее до него слепое преклонение перед голым опытом, эмпирикой, исправил и, где нужно, отступил от экспериментальных данных, применив глубокую критику прежних формально-логических систем.

² Наличие у одних и тех же элементов равных атомов, отличающихся по массе и энергии.

³ В настоящее время найдены в природе и искусственно синтезированы около 700 разновидностей атомов химических элементов, из которых около 380 искусственно радиоактивных.

Благодаря этому периодический закон, как общий закон природы, глубоко диалектичен. Энгельс в «Диалектике природы»⁴ писал, что «Менделеев, применяя бессовзательно гегелевский закон о переходе количества в качество, совершил научный подвиг, который смело можно поставить рядом с открытием Лавуазье, вычислившего орбиту еще неизвестной планеты Нептуна». Нам кажется, что эта высокая и справедливая оценка открытия Менделеева теперь, после его 75-летней проверки и развития, может быть значительно усилена. Открытие Лавуазье дало науке и человечеству гораздо меньше, чем открытие Менделеева, значение которого с каждым годом все усиливается.

Непосредственно и тесно связанными с периодическим законом являлись «Основы химии», о которых Менделеев писал: «Основы—любимое мое дитя, в них мой образ, мой опыт педагога, мои задушевные мысли». В «Основах химии» действительно воплощено столько творческого, обобщающего, критического и направляющего мысли к новым исканиям, что, несмотря на 75-летний их возраст (1868—1870 гг.), эта книга продолжает оставаться и сейчас выдающимся трудом, изучение которого необходимо каждому химику, независимо от возраста, опыта и специализации. В «Основах химии» Менделеев поистине закладывает основы химического мышления, без которого нельзя стать настоящим химико-исследователем и преобразователем природы. Периодический закон и «Основы химии» открыли новую эпоху не только в химии, но и во всем естествознании, оказав большое влияние также на материалистические обобщения в различных областях естественных и философских наук.

К числу своих крупнейших работ сам Менделеев относил еще «Исследование упругости газов» и «Понимание растворов как ассоциаций». И в эти области так же Менделеев внес творческую революционную струю.

Приступив к изучению свойств газов, он обнаружил несовершенство применявшихся до него ряда методов исследования, разработал несколько новых приборов, смело перешел к изучению разреженных газов в более высоких слоях атмосферы и внес много нового в метеорологию. Убедившись в том, что высокие слои атмосферы являются «великой лабораторией погоды», Менделеев изучает теоретические основы воздухоплавания и в 1887 г. подымается на аэростате для исследования верхних слоев атмосферы. Необходимо отметить, что полет на воздушном шаре в то время являлся рискованным, тем более, что совершенно неожиданно подъем совершился без специалиста-пилота: в последний момент перед подъемом выяснилось, что намокший во время дождя

⁴ Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1929, стр. 103.

шар не может поднять двух пассажиров, и Менделеев попросил пилота остаться на земле. Подобная смелость не раз проявлялась Менделеевым, когда дело касалось науки. За этот полет Менделеев удостоился медали «Французского общества воздухоплавания».

Ближайший сотрудник Д. И. Менделеева, позднее академик, Д. П. Коновалов, пишет: «В области воздухоплавания Менделеев провел большую теоретическую работу, в которой также ищет прежде всего «основы». Его труд «О сопротивлении жидкостей и воздухоплавание» (1882), по мнению знаменитого русского ученого, «отца воздухоплавания» профессора Н. Е. Жуковского, является «капитальной монографией по сопротивлению жидкостей, которая и теперь (1909 г.) может служить основным руководством для лиц, занимающихся кораблестроением, воздухоплаванием или баллистикой».

Взгляды Менделеева на растворы как химические соединения между растворенным веществом и растворителем, с изменяющимися соответственно составу свойствами и образованием определенных гидратов, в свое время, в связи с бурными успехами теории электролитической диссоциации Аррениуса и работам Вант-Гоффа, оспаривались многими крупными исследователями. Однако позднейшие работы в этой области подтвердили наблюдения и выводы Менделеева о том, что гидраты существуют не только в твердом состоянии, но и в растворах. Развита и расширенная химическая теория (электролитической диссоциации, осмотического давления и др.), известная ныне химикам под названием «сольватной» теории, теперь уже не противопоставляется «физическим» теориям, а дополняет их.

Работая над теорией растворов, Менделеев собрал и привел к одинаковым условиям громадное количество опытных данных других исследователей (238 пар веществ!), критически рассмотрел и математически обработал их и вывел ряд формул, выражающих зависимость между удельным весом и составом растворов.

Разумеется, все теоретические работы и собранные Менделеевым данные оказали неоценимую услугу лабораторной и заводской практике.

Менделеев также предложил известную формулу теплотворной способности топлива, которая ныне широко вошла в учебники. Формула Менделеева, как известно, дает возможность вычислять теплотворную способность по анализу водорода, кислорода и азота в топливе.

Несмотря на то, что Менделеев любил подыматься к вершинам «истин самих по себе в их абсолютной чистоте»⁵, десятки его крупных трудов были посвя-

щены, как уже упоминалось, путям развития промышленности и сельского хозяйства. Для него никогда не существовало ни вопроса о различии, ни противопоставления теоретической науки прикладной.

Заглядывая в будущее, Менделеев ясно видит в нефти драгоценное сырье для получения большого количества весьма нужных органических продуктов. Он утверждает: «топить нефтью — топить ассигнациями» и ставит задачу использования природных газов.

«Наука и промышленность» — вот тут мои мечты!», — писал Менделеев в одном письме (неотосланном) к Витте (1908, т. III, № 164). Еще в молодости Менделеев интересовался горнорудным делом, позднее — сельским хозяйством и фабрично-заводской промышленностью, трудолюбиво и детально изучая технику и экономику этих отраслей. В 1863 г. он приступает к изучению нефтяного дела в Баку. На протяжении многих лет (с перерывами) Менделеев разрабатывает вопрос о происхождении нефти, в результате чего выдвигает оригинальную теорию неорганического образования нефти через карбиды металлов, условия добычи и химической переработки нефти и намечает перспективы кавказской нефтяной промышленности. Уже тогда Менделеев предложил устройство нефтепроводов из Баку к Черному морю. Это предложение было реализовано лишь после его смерти. Для морского и речного транспорта нефти он предлагает применение нефтеналивных судов, ныне также вошедшее в практику.

Менделеев детально изучает каменноугольную промышленность. Он едет в Донецкий бассейн, предлагает срочно строить новые железные дороги, сделать судоходным Донец, сильно развить в Донецком бассейне железную промышленность и т. п. Он издает труды на тему «Будущая сила, покоящаяся на берегах Донца», «Мировое значение каменного угля в Донецком бассейне» и др., в которых пропагандирует неотложную необходимость энергетического и химического использования углей Донецкого бассейна и многочисленных других месторождений России, в том числе подмосковных, кузнецких, алтайских, якутских, кавказских (Тявизульских) и др.

Менделеев заинтересовывается также железорудной промышленностью Урала. Он выезжает для сбора материалов по установлению связи между месторождением железной руды и магнитными аномалиями. В результате командировки в 1899 г. появляется отчет «Уральская железная промышленность», в котором Менделеев ставит проблему Кузнецкого бассейна и предлагает ряд экономических мероприятий для развития металлургии на Востоке. В 1900 г. он выдвигает задачу «прямого получения железа и стали из руды, обходя чугуна», и сейчас еще волнующую современных металлургов.

⁵ Из предисловия Менделеева к 8-му изданию «Основ химии», 1927.

В 1887 г. Менделеевым была выдвинута идея подземной газификации каменного угля (на нее впоследствии обратил внимание Владимир Ильич Ленин), и ныне эта идея практически начинает изучаться и осваиваться впервые в СССР. «Настанет, вероятно, со временем даже такая эпоха, что угля из земли вынимать не будут, а там в земле сумеют его превращать в горючие газы и их по трубам будут распределять на далекие расстояния», — писал Менделеев в 1897 г. В настоящее время подземная газификация изучается Академией Наук СССР и специально организованным советским правительством трестом «Подземгаз», ведущим крупные опытные работы в нескольких районах.

Пытливый ум Менделеева привлекают агрохимия, применение удобрений, качество сельскохозяйственной продукции и т. п. Он приобретает имение «Боблово» в Ярославской губернии и на протяжении нескольких лет изучает эффективность различных видов удобрений, разрабатывает методику полевых опытов. Результаты этих работ он публикует в «Трудах Вольного экономического общества», пропагандирует на заседаниях и в докладах применение фосфорных, азотных, калийных, известковых и органических удобрений. Учениками и научными сотрудниками Менделеева в этой области были ставшие потом выдающимися учеными К. А. Тимирязев и Густавсон.

Основываясь на своих сельскохозяйственных и экономических исследованиях, Менделеев высмеивал мальтузианство⁶, говоря, что «уже ныне миллион людей для своей жизни нуждается в количестве земли, во много раз меньшем, чем это было за 200 лет тому назад, а через 200 лет им нужно еще много меньше земли... Пессимизму не должно быть места».

Красной нитью в многочисленных статьях и выступлениях Менделеева проходит мысль о взаимосвязи сельского хозяйства и промышленности. «Заводские, промышленные предприятия не враги, как хотят утверждать многие, а истинные союзники или родные братья сельскохозяйственной промышленности», — говорит Менделеев.

Выдвигая новые промышленные и сельскохозяйственные проблемы, Менделеев ставил их комплексно, с учетом всей совокупности научных, технических, экономических и географических моментов. Отсюда его глубокая постановка проблем северных морских путей сообщения (путь на Дальний Восток через Ледовитый океан, через Арктику), авионави-

гационных сообщений, орошения почв Нижней Волги; поиски «центра поверхности и населенности России» и т. п. На основе глубокого анализа Менделеев пришел к выводу, что «центр населенности» движется в сторону благодатного Юга и обильного земель Востока». Мы являемся теперь свидетелями и участниками завоевания Арктики, северных земель, широкого развития воздушных сообщений и перемещения индустриальных центров на восток.

Для того чтобы охарактеризовать оригинальный и остроумный подход Менделеева к решению некоторых задач, можно привести случай с выяснением им состава бездымного пороха. По поручению Морского министерства Менделеев был командирован во Францию с заданием выяснить состав бездымного пороха. Французские власти предоставили ему возможность ознакомиться с заводом бездымного пороха, но отказались сообщить его состав. В связи с тем, что завод имел отдельную железнодорожную ветку, Менделеев решил изучить опубликованные статистические отчеты железнодорожных перевозок сырья и продуктов на этот завод и на основе расчетов сделать вывод о составе пороха. Таким образом он определил количество целлюлозы, серной и азотной кислот и эфира, потребное для производства пироколлодия. По возвращении в Россию Менделеев проверил свои расчеты опытами в университетской лаборатории; продукт выдержал все испытания, и вскоре его начали производить в заводском масштабе.

В кратком очерке трудно охватить исключительное разнообразие тематики и областей знания, которыми владел Д. И. Менделеев. К тому, что перечислено выше, можно было бы прибавить еще его исследования в области методики измерения и взвешивания, его блестящие работы в области взрывчатых веществ, астрономические, кристаллографические и минералогические, математические, педагогические, исторические, социологические и даже искусствоведческие сочинения. В качестве примера многообразия его интересов можно привести ряд его устных и печатных выступлений против классицизма в гимназическом образовании, его страстную борьбу со спиритизмом, его выступления о судебной экспертизе, его большой экономический труд «Толковый тариф», его критическую статью по поводу картины Куинджи и т. п.

Увлекательный лектор, Менделеев заражал своих слушателей исключительным интересом к науке и технике. Вспоминая последнюю лекцию Д. И. Менделеева в университете, академик А. А. Байков говорит: «...в аудитории воцарилось глубокое молчание, и в двери показалась величавая фигура Менделеева, немного сутуловатая; длинные седые волосы, ниспадавшие с головы до самых плеч, седая борода окаймляли его серьезное и задумчивое лицо. сосре-

⁶ Английский экономист Мальтус (1766—1834) развивал воззрение о несоответствии между размножением людей и средствами существования, в результате чего, по его мнению, человечество в будущем может прийти к катастрофе, для устранения которой он предлагал ряд мер и среди них — сокращение браков, деторождения и т. п.

дотоchenно смотрели проникновенные глаза. Я до сих пор не могу забыть того, что тогда произошло. Казалось, здание готово было обрушиться от грома приветствий, возгласов, рукоплесканий, это была гроза, это был ураган... По мере того, как это происходило, Менделеев хмурился все больше и больше, махал обеими руками, чтобы прекратить приветствия и успокоить аудиторию... Он неотразимо действовал на всех и привлекал умы и сердца всех, кому с ним приходилось встречаться...».

Характеризуя Менделеева, нельзя не отметить его могучий энтузиазм, неумную, все преодолевающую трудоспособность, научный оптимизм и смелость, которые так помогали ему преодолевать неоднократно встававшие на пути огромные трудности. В воспоминаниях жены Менделеева — Анны Ивановны — описывается, как Менделеев, увлекшись работой, часто не спал сряду по несколько ночей. Он был весьма строг к использованию своего времени. Наряду с этим Менделеев любил живопись, музыку, увлекался художественной литературой, в частности приключенческими романами Жюль Верна, и в качестве отдыха занимался физическим трудом: клеил шкатулки, чемоданы, переплетал книги.

Несмотря на огромные услуги, которые Менделеев оказывал многим крупным капиталистам не только в смысле научной помощи, но и заботой о привлечении новых капиталов, сам он отказывался от личного участия в каких-либо предприятиях в качестве пайщика или сотрудника (что ему неоднократно предлагали), желая сохранить независимое положение и заниматься общегосударственными вопросами отечественной промышленности.

Не только в научных трудах, но и в жизни Менделеева ярко отражается двойственная идеология этого титана творческой мысли, — следствие противоречий капитализма в начальном периоде его расцвета.

Менделеев — естествоиспытатель и материалист; его основные химические и физические труды насыщены материалистической диалектикой. Он ненавидел схоластику и метафизику. Но, пользуясь основными законами диалектики бессознательно,

стихийно, Менделеев часто проявлял непоследовательность и двойственность в своих взглядах. Материализм сочетался у него с идеализмом, а иногда и с агностицизмом. Мало того, Менделеев — автор самых передовых революционных предложений в области науки и техники, индустриализации страны, планирования хозяйства, сторонник производственной кооперации, борец против рутинерства и классицизма, горячий поборник женского равноправия, общественного питания, не раз оказывавшийся в оппозиции к представителям царского правительства (отставка в университете, забаллотирование в Академии наук и др.), — был чужд революционному движению, классовой борьбе, и иной раз высказывался за поддержку царского режима и т. п.

Эти противоречия, отдельные ошибки и просчеты Менделеева не могут, однако, умалить его значения как революционера в науке, как выдающегося творческого гения, его безмерных заслуг перед нашей родиной и перед мировой наукой.

Время — эта неумолимая координата истории — нередко стирает или покрывает тенью величественные образы прошлого. Творения Менделеева с течением времени светят нам все ярче. К роднику его творчества обращаются ныне миллионы людей во всем мире. Его труды вдохновляют и указывают пути бесчисленным исследователям. Октябрьская революция позволила воплотить в жизнь многие мечты Менделеева. Правительство и общественность Советского Союза не раз отмечали великие заслуги Менделеева перед нашей страной. В его честь установлены премии Всесоюзной Академии Наук за выдающиеся работы по химии и физике; его имя носит Всесоюзное химическое общество; его именем названы лучшие высшие и средние химические учебные заведения; в его честь собираются всесоюзные съезды по чистой и прикладной химии.

В памяти благодарного человечества и в особенности граждан Советского Союза образ великого ученого и великого гражданина нашей родины — Дмитрия Ивановича Менделеева будет всегда зваться к новым творческим исканиям и дерзаниям во славу нашей Родины и всего прогрессивного человечества.

КАК ЖИЛ И РАБОТАЛ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВ

Т. В. ВОЛКОВА

Среди гигантов мысли и творчества исключительное место занимает Д. И. Менделеев — один из величайших представителей русской и мировой науки.

Вся деятельность его была посвящена беззаветному служению родине и науке. За 73 года жизни и 53 года научной работы Менделеев так много сделал в столь различных областях, что невольно возникает вопрос: где брал он силы и время для своей плодотворной и разносторонней деятельности?

Энергичный и независимый характер Д. И. Менделеева сложился под влиянием его матери Марии Дмитриевны. Это была женщина выдающегося ума и редкой силы воли. Своими передовыми взглядами и высокой культурой Мария Дмитриевна, видимо, во многом обязана влиянию живших в Тобольске декабристов, с которыми семья Менделеевых поддерживала тесное общение. Д. И. Менделеев в своем отчете о поездке на Урал в 1899 г. пишет: «часов в 10 вечера пристали к Тобольску. Темно и холодно было снаружи, внутри светел и тепел был приезд на родину через 50 лет... На другой день после обеда заехал на ту улицу, где был наш уютный дом. Вот дом, где жили подруги моих сестер, Парамоновы. А тут жили почтенные и всеми уважаемые декабристы Фонвизин, здесь Анненков, тут Муравьев (близкие к нашей семье, особенно после того, как один из декабристов Н. В. Басаргин женился на моей сестре (вдове) Ольге Ивановне). Уже нет никого из тех в живых, и теперь можно говорить, что семьи декабристов в те времена придавали тобольской жизни особый отпечаток, наделяли ее светлыми воспоминаниями. Предание о них и до сих пор живет в Тобольске».

Дм. Ив. сохранял до конца дней своих благодарную память о матери. Располагая очень скуд-

ными средствами, она приложила все усилия к тому, чтобы сын ее, необыкновенные способности которого давно привлекали ее внимание, получил высшее образование. Заветная мечта Марии Дмитриевны исполнилась: Дмитрий Иванович поступил в высшее учебное заведение — Главный педагогический институт. Институт помещался в здании Ленинградского (б. С.-Петербургского) университета. Здесь на лекциях выдающихся ученых — А. А. Воскресенского (химия), М. В. Остроградского (математика), Э. Х. Ленца (физика), С. С. Куторги (минералогия) и др. зародились первые глубокие научные интересы молодого Менделеева; здесь впоследствии развернулась его блестящая педагогическая и исследовательская деятельность.

Жизнь в сыром петербургском климате, смерть горячо любимой матери, усиленные занятия сильно отразились на здоровье Менделеева. «Со мной, — пишет Дм. Ив., — приключилось опять кровохарканье, которое продолжалось и во все остальное время моего пребывания в институте».

Несмотря на это, Менделеев изумлял всех своей работоспособностью и успехами. Выпускные экзамены он сдал блестяще, а на экзамене по химии, которую особенно любил, обнаружил такие серьезные познания, такое глубокое понимание современного направления в науке, что все присутствующие были поражены. В 1855 г. Менделеев окончил курс Педагогического института первым, с золотой медалью.

Уже через год, в сентябре 1856 г., он защищает в Петербургском университете магистерскую диссертацию «Об удельных объемах» и вскоре утверждается доцентом университета, а в 1866 г. получает в нем кафедру химии. Университет становится для Менделеева центром жизни. Он отдает все свои

знания, все силы, талант, чтобы «вовлечь в науку сколь возможно больше русских сил». «Мой оптимизм,— говорил он,— родился из занятий наукою, и мне желательно было бы внушить его каждому, кто жаждет испытать из этого источника».

С университетским периодом совпадает расцвет научного творчества и педагогической деятельности Менделеева. Получив кафедру химии, Дм. Ив. оставил все свои другие занятия и со свойственным ему увлечением принялся за разработку курса. Он пишет свои замечательные «Основы химии», положившие начало его научной славе. «В этом сочинении,— говорит Менделеев,— наблюдениям, опыту и приложениям к промышленности отведено свое место. В науках научились достигать твердых берегов действительности и охватить весь видимый мир, цепляясь лишь за хорошо обследованные береговые устои».

Лекции Дмитрия Ивановича не отличались внешним блеском, но они были так глубоки и увлекательны, что слушать их собирався весь университет.

«Д. И. Менделеев делал из своего курса как бы энциклопедию естествознания, связанного основной нитью неорганической химии. Отвлечения в область механики, физики, астрономии, агрономии, а также в стороны техники до воздухоплавания и артиллерии включительно, были часты на лекциях»,— вспоминает один из его слушателей.

Сам Д. И. Менделеев по своей педагогической работе в автокомментариях к своим трудам пишет: «Как педагог, я клал в дело и возбуждение и душу, а в том, что не бесплодно, свидетельствовало множество свободных, независимых и зрелых людей. Ко мне в аудиторию ломились не ради красных слов, а ради мыслей. Это меня сильно ободряет».

Открытие периодического закона создало Менделееву мировую славу. Периодическая система вызвала множество работ, ее расширивших и подтвердивших; она является основой современной химии. По словам И. В. Сталина, «менделеевская периодическая система элементов ясно показывает, какое большое значение в истории природы имеет возникновение качественных изменений из изменений количественных» (И. В. Сталин, Сочинения, т. 1, стр. 301, М., 1946).

В 70-х годах Д. И. Менделеев вел обширные исследования над упругостью газов и много занимался метеорологией.

Изучая свойства газов, Менделеев обнаружил несовершенство ряда применявшихся до него методов исследования и разработал несколько новых точных приборов.

Д. И. внес в метеорологию много нового. Убедившись в том, что высокие слои атмосферы являются «великой лабораторией погоды», Менделеев

уделял большое внимание изучению основ воздухоплавания. Результатом этих работ было сочинение «О сопротивлении жидкостей и воздухоплавании», получившее высокую оценку отца русской авиации проф. Н. Е. Жуковского.

Некоторые опубликованные в то время труды Д. И. Менделеева имеют на титульном листе пометку «Суммы, которые могут быть выручены от продажи этих сочинений, предназначаются Д. И. Менделеевым на устройство большого аэростата и вообще на изучение метеорологических явлений в верхних слоях атмосферы». Д. И. Менделееву, по его словам, «Хочется выполнить... заветное желание — побывать выше облаков, внести туда измерительные приборы».

Таким образом еще в 70-х годах прошлого столетия, значительно опередив свое время, Менделеев выдвигал необходимость изучения стратосферы и метеорологических наблюдений выше облаков. «Поймут же, наконец,— говорил Дм. Ив.,— что на дне воздушного океана, на котором мы живем, нельзя получать из метеорологических наблюдений понятий о том, что делается вверху... для ползающего на дне морском неведомы бури поверхности, так нам почти неизвестны явления, в верхних слоях атмосферы совершающиеся... Один аэростат может дать полное знакомство с высшими частями атмосферы, он сам становится частью воздуха, облако ему собрат».

Практическим следствием трудов Дм. Ив. по метеорологии и воздухоплаванию был его смелый воздушный полет из г. Клина 7 августа 1887 г. во время полного солнечного затмения.

Вот как описывает этот полет академик В. Е. Тищенко. «Желая наблюдать это редкое явление природы независимо от погоды, Дмитрий Иванович решился подняться на воздушном шаре выше слоя облаков. Военное ведомство доставило ему в г. Клину воздушный шар. Многотысячная толпа народа собралась посмотреть поднятие шара. Погода была сырая, пасмурная. Шар намок и не мог поднять двоих (пилота и Дм. Ив.), а время шло, и затмение, которое должно было продолжаться всего около 5 минут, уже началось. Дм. Ив. предложил своему спутнику выйти из корзины, велел обрубить канаты, поднялся один и быстро скрылся в облаках».

Телеграф разнес это известие по всему миру. Живо помню, с каким замиранием сердца следили, чем кончится такой рискованный шаг, а Менделеев, поднявшись за облака, тотчас освоился в непривычном положении, успел произвести несколько наблюдений и через три часа благополучно спустился даже нисколько не повредив шара. А через два дня он уже ехал с проф. Меншуткиным в Манчестер на съезд Британской ассоциации».

Впоследствии Д. И. Менделеев писал об этом.

полете: «Это одно из примечательных приключений моей жизни».

Среди материалов, хранящихся в Музее-кабинете Д. И. Менделеева при Ленинградском университете найден интереснейший документ — записная книжка-дневник, в которую Дм. Ив. во время полета заносил каждые 3—5 минут показания приборов и свои личные наблюдения и впечатления.

В своей статье о полете Дм. Ив. рассказывает: «Первое время я вовсе не думал ни о спуске, ни о хвосте на шаре... Надо представить себя одного в полной и совершеннейшей тишине. Кругом веревки, а под ногами и наверху облака... Взглянув за борт корзинки, где должны висеть свернутые канаты, якоря и гайдроп¹, я увидел, что оба каната уже спущены к земле. Помимо меня, их кто-то отвязал, это составляет явную ошибку. Особенно же неприятно подействовало на меня то, что оба каната были запутаны при спуске. В первую очередь следовало распутать гайдроп. Чтобы распутать веревки, я полез из корзины вверх, хватаясь за веревки и кольцо. Признаюсь, однако, что был момент, когда я подумал, что мне не следует предпринимать непривычного лазания по нестойким опорам, но сознание необходимости привести в исправность клапан — тотчас же прогнало эту мысль». Рискуя жизнью, Дм. Ив. взбирается по оболочке шара, распутывает веревки клапана и благополучно возвращается в корзину. После этого началось медленное опускание аэростата. «Спуск с высоты 21½ километров произошел в 17 минут, — пишет Менделеев, — я увидел, что перелетаю лесок, тогда схватился за веревку клапана и открыл его во всю силу... Первое прикосновение с землею произошло без всякого следа заметного удара, а было легким мягким падением».

Первая запись на земле была сделана с «9 ч. 20 м., анероид 750 мм и температура +17,5°».

Интересно заявление Менделеева еще об одном из поводов, заставивших его полететь: «Не малую роль в моем решении подняться имело то соображение, что о нас, ученых, обыкновенно думают, что мы практически делом владеть не умеем; мне хотелось демонстрировать, что это мнение несправедливо в отношении к естествоиспытателям. Мы непременно должны уметь владеть практикой». В этих словах Дм. Ив. сказала основная мысль, проводимая им во всех трудах, — сочетание науки с практикой, теории с опытом.

В личной библиотеке Д. И. Менделеева имеется целая коллекция книг и журналов по воздухоплаванию. В их числе есть труд К. Э. Циолковского

«Металлический управляемый аэростат» с очернутыми Дм. Ив. страницами.

Дм. Ив. в широкой мере обладал присущей гению способностью соединять различные стороны научного творчества. От физики и химии он переходил в область гидродинамики, астрономии, геологии, метеорологии и политической экономии.

Всякое дело, за какое бы он ни брался, каким бы узко-специальным оно ни было, он охватывал широко и стремился глубоко проникнуть в сущность поставленного вопроса. Всюду он умел быть оригинальным, или, как он сам говорил, «своеобычным». От вопроса о рациональной добыче и утилизации нефти он переходил к чисто научной проблеме ее происхождения, с одной стороны, и с другой — к анализу экономического состояния России. От узких задач метрологии, от выверки равновесок он подходил к проблеме всемирного тяготения. Все, что выходило из-под его пера, было глубоко продумано и тщательно проработано. Это было возможно только благодаря его необычайной трудоспособности, позволявшей ему проводить иногда целые ночи напролет за работой.

По свидетельству его близких: вдовы — Анны Ив. Менделеевой и секретаря М. Н. Младенцева², в домашнем быту Дм. Ив. был необыкновенно прост и нетребователен. Когда он жил в помещении университета, он спал на деревянном желтом лакированном диване с тоненьким тюфяком.

В часы отдыха он любил клеить. Он наклеивал в альбомы собранные им фотографии и гравюры, клеил футляры, коробки, шкатулки, маленькие дорожные ящики. Рамки почти для всех портретов знаменитых людей, которые висели в его кабинете, он отделявал и склеивал сам.

Первое, что бросалось в глаза при входе в кабинет Дмитрия Ивановича — это книги, множество книг. Они стояли в строго систематическом порядке и почти все были переплетены; книги и портреты гениальных людей — вот все, что украшало и напслняло эту большую комнату.

Среди материалов, хранящихся в Музее-кабинете Д. И. Менделеева при Ленинградском государственном университете, одно из главных мест занимает его личная библиотека.

Библиотека Дм. Ив. не только необычайно интересна как коллекция книг, отражающая разнообразные интересы гениального ученого, но особенно драгоценна еще по двум причинам: потому, что она описана библиографически самим Д. И. Менделеевым по его оригинальной библиотечной системе, и потому, что в ней мы находим собственно-ручные заметки Д. И. Менделеева на полях и ти-

¹ Гайдроп — длинный канат, прикрепленный к гондоле аэростата и служащий для смягчения и регулирования спуска.

² Убит немецкой бомбой в Ленинграде 24 сентября 1941 г.

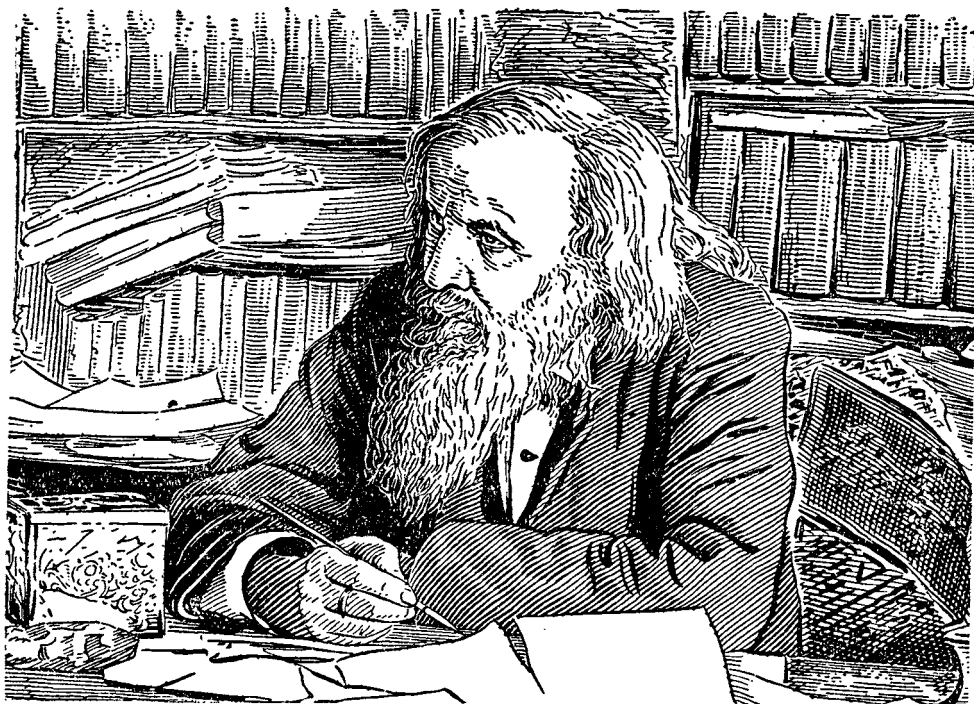
тульных листах. В библиотеке имеются книги с вpletенными чистыми листами, где Дм. Ив. записывал свои мысли и замечания. Таков, например, экземпляр «Основ химии», изд. 1869 г., сборник «Температура и давление воздуха». В книгу «Воздушные путешествия» Глешера, Фламариона, Фовиеля и Тиссандье вpletены чистые листы, на которых Дм. Ив. сделал математические выкладки и исправил приведенные в книге математические данные.

Страницы ряда книг этой библиотеки являются

будет иметь свой вес» — и добавляет, — «как числа и меры, так формы, краски и песни по существу говорят и учат иногда яснее слов, а вместе с ними всегда их (т. е. слова) оживляют».

Менделеев не раз говорит с большой убедительностью о юности русского народа, его талантливости. «Мне ясен путь подготовки ученых-деятелей, каких страна наша требует много и может дать много; благодаря талантливости народа и его культурной свежести».

Последовательно, развивая мысль о творческих



Д. И. Менделеев в Главной палате мер и весов. 1904 г.

как бы ареной полемики с авторами статей, в своих пометках Дм. Ив. резко и четко возражает им и высказывает свою точку зрения. Особенно ярко это выражено в томах, которые носят название «Смесь». В томах под этим названием Дм. Ив. своеобразно соединял под одним переплетом статьи химического, экономического и промышленного характера и даже отдельные беллетристические произведения; страницы этих сборников пестрят его собственноручными пометками.

Вообще Дм. Ив. ставил художественную литературу в тесную связь с наукой. Так, в «Заметках о народном просвещении России» (изд. 1901 г.) он пишет: «Художественная сторона в жизни всегда

силах народа, Менделеев требует уничтожения классовых предрассудков: «скажу прямо, что по мне, для дальнейших успехов человечества вообще и каждой его группы или государства, в частности, совершенно и навсегда должно отказаться от всяких видов аристократических и помещичьих предрассудков, то-есть перестать в своем обиходе кичиться породой или родом, правами без обязанностей...» а уважать и почитать только успевающих в работе или трудах всякого рода, так как Ньютон не мог бы быть без предшествующего ему Галилея, а Пушкин не мог бы так петь, если до него не было русских песен и сказок».

Интересно отметить, что Менделеев приводит

цитаты из стихотворений Пушкина, отдельные его выражения, высказывается о его творчестве и дает отзвухи об отдельных стихах в своих научных трудах.

Глубоко понимая и ценя лучших представителей и классиков мировой литературы, Дм. Ив. любил и приключенческую литературу. В последние дни жизни, испытывая физические страдания, Дм. Ив. просил, чтобы ему читали «Путешествие к Северному полюсу» Ж. Верна.

В театр Дм. Ив. ездил очень редко. Выставки же картин, наоборот, посещал почти все. Он любил изобразительное искусство, понимал и ценил живопись.

Склонность Дм. Ив. к реализму в живописи сказалась в его дружбе с художниками-передвижниками и особенно ярко отразилась в его статье «Перед картиной А. И. Куинджи» («Ночь на Днепре»). Об этой картине, выставленной в 1880 г. в Обществе поощрения художеств и привлечшей всеобщее внимание, писали также Полонский, Страхов и Тургенев.

Заметки Менделеева имеются не только на самих книгах, но и в собственноручно написанном каталоге его личных трудов («Список моих сочинений»). Описывая их библиографически, он дает к ним краткие характеристики и добавления, представляющие собой яркую картину развития его мыслей и идей. Интересно, что в разделе книг по химии, посвященных отдельным элементам, книги распределены по группам периодической системы.

Даже при беглом просмотре книг Дм. Ив. сразу бросается в глаза разнообразие и широта его интересов.

Так, наряду с богатым собранием книг и периодических изданий по химии (у Дм. Ив. были почти все химические журналы того времени, огромные энциклопедии, монографии по химии с автографами ученых всего мира — его современников), имеется также много книг по экономике и социологии. Например, в его библиотеке есть «Капитал» К. Маркса, который Менделеев, судя по пометкам на полях, внимательно читал. Имеются также сочинения Дюринга, Смита и др.

В сборниках под названием «Смесь» имеется нелегальная литература того времени: «Коммунистический манифест», сочинения А. И. Герцена, памфлеты на царей, статьи о студенческих волнениях и пр.

Менделеев был пламенным патриотом своей родины. Он болезненно чувствовал отсталость царской России. Почти всю свою жизнь он был вынужден

бороться с ненавистной «канцелярщиной». В своих заметках о народном образовании Менделеев писал: «Надо разрабатывать дары своей природы своим, научно выработанным способом... например железо и сталь на Урале и в Сибири, цементы из своих природных камней, краски из своей нефти, стекло из своей природной глауберовой соли... и конца запасов не видно...»

В своих научных предвидениях Менделеев заглянул далеко вперед. В трудах его мы находим проблемы, которые сейчас занимают наше внимание.

Проблемы воздухоплавания и авиации, достижения высших слоев атмосферы, освоение Арктики — все это рассыпано в трудах великого ученого, все это волновало его.

В «Заветных мыслях» Менделеев писал:

«Много бы хотелось писать мне про Ледовитый океан, берегов которого у нас столь много, да не время теперь, потому что то дело впереди... Тем не менее хотя вскользь упомянуть о том, что, в Ледовитом океане будущая Россия должна найти свои пути выхода, и думается мне, что это будет наверное, когда побережья сибирских рек густо заселятся и когда для богатств громадного края необходим будет морской выход».

«Я до того убежден, — пишет он далее, — в успехе попыток достигнуть Северного полюса и проникнуть от Мурманских берегов в Берингов пролив, что готов был бы приняться за дело, хзя мне уже стукнуло 70 лет, и желал бы еще дожить до выполнения задачи, представляющей интерес, захватывающий сразу и науку, и технику, и промышленность, и торговлю, да еще в приложении к важным преимуществам всей России, а особенно Сибири».

Все эти идеи получили свое блестящее развитие и практическое осуществление только в условиях нашего времени.

Менделеев мечтал об индустриализации страны — она развивается теперь гигантскими темпами. Менделеев мечтал об овладении Арктикой — люди Советской страны покорили ее ледяные просторы.

Менделеев — один из основоположников современной химии. С того дня, как угасла его жизнь, необычайно выросло значение химии, расширилось ее применение. Краеугольным же камнем всего здания химии остается периодический закон Менделеева.

Дмитрий Иванович Менделеев, великий русский ученый и патриот, умевший работать, не покладая рук, умевший блестяще сочетать теорию с практикой, навсегда будет памятен и дорог нам.

НОВОСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Разработка проблем реконструкции Москвы

План научно - исследовательских работ Академии Наук СССР в новом пятилетии предусматривает выполнение ряда исследований, связанных с реконструкцией столицы. Значительная часть этих работ ложится на комиссию содействия реконструкции Москвы и секцию по научной разработке проблем транспорта Академии Наук СССР.

На объединенном заседании комиссии и секции были рассмотрены вопросы, посвященные развитию московского транспортного узла и его электрификации. В настоящее время в Московском железнодорожном узле электрифицировано 327 км линий пригородного сообщения (из них 96 км в годы войны). В новом пятилетии это число удваивается: будут электрифицированы все пригородные участки железных дорог, примыкающие к столице. В перспективе — электрификация железнодорожных линий на более дальние расстояния по Октябрьской, Западной, Киевской, Московско-Курской дорогам. Предстоит разрешить ряд научно-технических задач, в частности, по окончательному выбору напряжения для электропоездов дальнего следования, а также по разработке новых электроустановок для метрополитена, сеть которого намечено расширить до 60 км. Необходимо исследовать возможности ввода железнодорожных линий в городские кварталы, учитывая при этом, что в 1950 г. по всем десяти московским железнодорожным направлениям будет пропускаться до 1200 пар поездов в сутки. Пропуск пригородных поездов непосредственно в центральные районы города значительно разгрузит площади столицы, в частности Комсомольскую площадь, и городской транспорт.

Далее привлекают внимание ученых вопросы рациональной организации уличного движения в столице в связи с быстрым ростом автомобильного движения. Эта задача может быть решена путем осуществления капитальных работ: создания новых магистралей, расширения существую-

щих, ликвидации уличных перекрестков в местах, где движение особенно напряженное, сооружения путепроводов и т. п.

В городском транспорте Москвы все большее значение приобретают внутригородские и пригородные водные перевозки. Ввод в эксплуатацию в период Отечественной войны крупнейших гидрорулов в г. Щербакове (б. Рыбинске) и Угличе создает также условия для сильного развития транзитных сообщений Москвы с Волгой и Волго-Каспийской системой. В новом пятилетии капиталовложения по Московскому воднотранспортному узлу к столичным пароходствам достигают 300 млн. руб., что равно примерно одной десятой всех кредитов, вкладываемых в речной транспорт страны. О перспективах развития воднотранспортных перевозок свидетельствует красноречивая цифра: если в довоенном, 1940 году с московских причалов отправлялось водой 8 млн. человек, то в 1950 г. намечается отправка свыше 15 млн. пассажиров.

Предстоящее огромное развитие основных видов транспорта Москвы вызывает необходимость обязательного научного координирования в Академии Наук всех мероприятий по реконструкции транспорта столицы.

Повышение надежности дальней передачи энергии

Энергетическим институтом Академии Наук СССР разработана система ограничения токов в линиях передачи энергии постоянным током, резко повышающая надежность и устойчивость работы подобных линий.

При испытании безинерционного ограничителя токов, построенного Лабораторией постоянного тока высокого напряжения (канд. техн. наук Я. М. Черво-ненкис), на небольшой модели передачи оказалось, что этот прибор полностью устранял опасность возникновения ряда аварий, затрудняющих практическое использование принципа передачи энергии постоянным током, и сводил к минимуму последствия других видов аварий.

Положительное значение нового способа ограничения тока для улучшения технических характеристик передачи постоянным током отмечено решением Техниче-

ского совета Министерства электростанций. Разработанный Энергетическим институтом ограничитель будет использован для обеспечения надежной работы экспериментальной установки со сверхвысоковольтными выпрямителями и инверторами, монтируемой в настоящее время Институтом постоянного тока Министерства электростанций.

Новый электроинтегратор

Значительное число задач современной техники связано с исследованием динамических процессов в различного рода сооружениях, машинах, автоматических и других устройствах.

В ряде случаев эти задачи сводятся к решению систем обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами для решения таких систем. Лабораторией электрического моделирования Энергетического института Академии Наук СССР создан новый электроинтегратор.

На новом приборе решен уже ряд задач, в том числе задачи о переходных процессах в машинах, динамической устойчивости самолетов и др.

Форельное хозяйство

Вблизи Кисловодска имеется одно из немногих в Советском Союзе хозяйств по разведению форели.

Кисловодское форельное хозяйство было организовано в 1935 г. В отличие от речной рыбы форель здесь развивается исключительно быстро. Если для речной форели нужно 3—4 года, чтобы она стала крупной, то здесь, в питомнике, этот срок сокращается вдвое. Отдельные экземпляры форели в хозяйстве достигают веса в четыре килограмма.

В прудах Кисловодского форельного хозяйства выловлены десятки тысяч крупной, хорошо откормленной форели для лечущихся в санаториях и домах отдыха в группе городов кавказских минеральных вод. Для пополнения количества вылавливаемой здесь рыбы в отдельных водоемах разводят сотни тысяч штук мальков форели, которые затем выпускаются в другие пруды для нагула.



ИЗ ЗАРУБЕЖНЫХ ЖУРНАЛОВ

В США приступили к постройке нового тяжелого бомбардировщика В-50, который представляет собой значительный шаг вперед даже по сравнению с так называемой сверхлетающей крепостью В-29.

На В-50 установлено 4 мотора, каждый мощностью по 3000 л. с. Такая мощность самолета обеспечивает более высокие, чем у В-29 эксплуатационные показатели по взлету, скороподъемности и скорости. Конструкция моторной установки настолько усовершенствована, что позволяет бригаде из 6 рабочих смонтировать мотор за полчаса. В предыдущих модификациях сверхлетающей крепости эта работа требовала от такой же бригады рабочих 8 часов.

Автоматическая синхронизация работы воздушных винтов значительно уменьшает шум и вибрации.

Air Force, 1946, № 5

• • •

На одной из доменных печей Republic Steel Corporation США, начиная с октября 1943 г., ведутся опыты для проверки рентабельности перевода доменных печей на работу с повышен-

ным давлением колошниковых газов.

Новый метод работы оказался весьма эффективным. Так, в отдельные дни удалось при повышенном давлении колошниковых газов достичь увеличения суточной производительности домен с 1324—1430 тонн до 1600—1700 тонн, удалось снизить расходы кокса в среднем на 12 $\frac{1}{10}$ %, вынос колошниковой пыли снизился с 109 кг до 88 кг на 1 тонну чугуна.

Iron and Steel Engineer, 1946, № 2

• • •

В США разработана новая система управления полетом самолета. Она основана на совместном действии двух устройств — специального контроллера и автопилота.

Эта система позволяет управлять самолетом по заранее данной программе полета от одной точки к другой, включая взлет и посадку.

Единственное, что требуется от обслуживающего персонала на аэродроме, — это установить самолет на взлетную дорожку с заторможенными колесами и запустить мотор на малых оборотах. После нажима кнопки контроллера автоматически открывается дроссельная заслонка и освобождаются тормоза. Через 8 секунд после нажима кнопки контроллера самолет взлетает.

По достижению крейсерской высоты дроссельная заслонка автоматически устанавливается в положение, соответствующее крей-

серской скорости. Автопилот удерживает самолет на заданном курсе. Воздушный лаг регистрирует пройденное расстояние. Как только намеченное расстояние пройдено, воздушный лаг сигнализирует автопилоту о посадке, дроссельная заслонка автоматически прикрывается. Автопилот поступает в полное управление локаторной станцией аэродрома, которая подает ему необходимые сигналы вплоть до приземления самолета. В течение 3 секунд продолжается пробег самолета, после чего входят в действие тормоза.

Air Force, 1946, № 5

• • •

Известно, что процедура растопки паровоза и поднятия в нем пара до нужного давления довольно длительна и обходится дорого. Попытки непосредственного снабжения паровозных котлов паром делались неоднократно в порядке эксперимента. Лишь недавно на одной из дорог в Канаде построена стационарная паровая установка для снабжения паровозов готовым паром. В наполненный горячей водой паровозный котел пускают пар под давлением около 16 атмосфер, после чего паровоз выходит из депо под собственным паром.

Благодаря специальной фильтрации воды, котельная установка может работать полгода без промывки паровозных котлов, в то время как при обычном способе промывка котлов производилась ежемесячно.

Railway gazette, 1946, № 25

Адрес редакции: Москва, Волхонка 14. Телефон: К 5-93-75

Главный редактор Ф. Н. ПЕТРОВ

РЕДАКТОРЫ:

Академик С. И. Вавилов, член-корр. АН СССР В. П. Бушинский, член-корр. АН СССР А. А. Михайлов, профессор Ф. Н. Петров, доктор геологич. наук, профессор В. А. Варсанофьева, доктор физ.-мат. наук, профессор В. Л. Левшин, доктор хим. наук, профессор С. А. Погодин, кандидат техн. наук А. В. Храмой, Н. С. Дороватовский (зам. главного редактора), Б. М. Евдокимова (ответственный секретарь), Е. И. Кингисеп

А04650. Подписано к печати 24 марта 1947 г. Объем 6,5 печ. лист. Уч.-изд. лист. 7,5 Цена 3 руб. Тираж 50 000 экз. Зак. 96. 2-я тип. Издательства Академии Наук СССР, Москва, Шубинский пер., 10

Цена 3 руб.