

ПРИРОДА



№

2

ИЗД-ВО АКАДЕМИИ НАУК СССР • 1934

СОДЕРЖАНИЕ

Б. И. Сегал. Проблема Варинга в теории чисел 1*

М. Л. Вейнгер. Индикаторы инфракрасной радиации и естественный предел их чувствительности 14

Э. Х. Фрицман. Новые идеи в области химии воды 21

В. И. Черняев. Тяжелый водород и тяжелая вода 29

Акад. А. А. Рихтер. Практическое разрешение вопроса диагностики яровизуемого семенного материала 43

Проф. Х. С. Коштоянц. К вопросу об исследовании взаимной связи физиологических явлений (корреляций) 46

Д-р Дончо Костов (D-г Dontcho Kostoff). Мутационная теория происхождения опухолей в свете изучения опухолей и галов у растений 52

Г. А. Бонч-Осмоловский. 10 лет советских работ по палеолиту 60

Национал-социалисты „чистят“ естественные науки 65

ИСТОРИЯ НАУКИ

Проф. Е. В. Вульф. Иозеф Готлиб Кельрейтер (1733—1806) 67

НОВОСТИ НАУКИ

Астрономия. Новое применение кино в астрономии 69

Физика. О ядерном поглощении γ -лучей. — Получение нейтронов с помощью быстрых дейтронов 71

Химия. Новейшие данные о тяжелой воде 72

Минералогия. Новый тип двойников кристаллов 73

Биология.

Зоология. О нахождении *Gambusia affinis holbrooki* на о. Сара. — Водолазный шлем „Divinhood“ 73

Палеозоология. К находке пермских рептилий на р. Вятке близ г. Котельнича 74

Микробиология. О кремнебактериях 75

ПОТЕРИ НАУКИ

Проф. М. А. Боголепов (1875—1933) 76

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ



ПРИРОДА

ПОПУЛЯРНЫЙ
ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

ИЗДАВАЕМЫЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК СССР

ГОД ИЗДАНИЯ
ДВАДЦАТЬ ТРЕТИЙ

№ 2

1934

ПРОБЛЕМА ВАРИНГА В ТЕОРИИ ЧИСЕЛ

Б. И. СЕГАЛ

Теория чисел или высшая арифметика, в отличие от других отделов математики, занимается, главным образом, изучением свойств целых чисел. В связи с этим большинство задач теории чисел по определенности и по простоте своих формулировок весьма доступны широкому кругу читателей; для их понимания требуется лишь знание первоначальных сведений из арифметики и элементарной алгебры. Между тем решение большого числа задач теории чисел, несмотря на их кажущуюся простоту и элементарность, требует применения всего арсенала методов современной математики. Мало того, можно назвать целый ряд задач, весьма простых по своей формулировке, но решение которых пока совершенно недоступно при современном состоянии науки.

Приведем некоторые задачи подобного рода.

Если в выражении

$$a = 2^n - 1$$

показателю n давать последовательные целые значения $1, 2, 3, \dots$, то это выражение будет принимать лишь

целые положительные значения. При этом легко показать, что, если n — число составное,¹ то для a мы тоже получим составное число.² Но если n — простое число, то мы непосредственно можем убедиться в том, что a может быть как числом простым, так и составным. Действительно, для $n = 2, 3, 5, 7, 11$, мы получаем соответственно $a = 3, 7, 31, 127, 2047$. Но числа $3, 7, 31, 127$ суть числа простые, а число $2047 = 23 \cdot 89$ есть число составное. Известно, что простых чисел существует бесчисленное множество. Если вместо n

¹ Все целые числа распадаются, в отношении их делимости без остатка на другие числа, на 4 группы: 1) число 0, которое делится на любое число; 2) число 1, которое делится только само на себя; 3) так называемые простые числа, которые делятся только сами на себя и на единицу, напр., $2, 3, 5, 7, 11$; так называемые составные числа, которые имеют делителей отличных от самого числа и единицы, напр., $4, 6, 15, 42$.

² В самом деле, если $n = pq$, то имеем тождество

$$a = 2^{pq} - 1 = (2^p - 1) (2^{p(q-1)} + 2^{p(q-2)} + \dots + 2^p + 1)$$

и число a делится без остатка на целое число $2^p - 1$.

подставлять по очереди все простые числа в порядке их возрастания, то для a мы тоже получим бесконечный ряд целых чисел, из которых некоторые являются простыми, а некоторые являются составными. И вот, возникает вопрос: встретится ли среди этих значений для a бесконечное число простых чисел, или, начиная от некоторого определенного значения для n , все соответствующие значения для a будут представлять собою числа составные. Другими словами, существует ли бесчисленное множество простых чисел, представляемых в форме $2^n - 1$? На этот вопрос современная наука ответить не может.

С только-что рассмотренным примером связан вопрос о так называемых совершенных числах. Совершенным называется число, которое равно сумме всех своих делителей. Например, совершенными являются числа 6 и 28, так как

$$6 = 1 + 2 + 3,$$

$$28 = 1 + 2 + 4 + 7 + 14.$$

Уже давно доказано, что, если p есть простое число вида $2^n - 1$, то

$$\frac{p-1}{2} p = 2^{n-1} (2^n - 1) \quad (1)$$

есть число совершенное и что вообще четные совершенные числа встречаются лишь среди чисел вида (1). Так, простым числам 3, 7, 31, 127, представляющимся в форме $2^n - 1$ при $n = 2, 3, 5, 7$, соответствуют четные числа 6, 28, 496, 8128. До сих пор математика не в состоянии ответить на вопрос: существует ли бесчисленное множество четных совершенных чисел. При современном состоянии науки мы не имеем возможности ответить также на вопрос: существует ли хоть одно нечетное совершенное число. Правда, вопросы, связанные с понятием совершенного числа, не представляются важными с точки зрения развития науки, и за последнее время этими вопросами никто не занимается, но мы их привели лишь в качестве примера простых по формулировке задач, в отношении которых

современная наука является совершенно беспомощной.

Большие трудности встречаются при решении почти всех вопросов, связанных с распределением простых чисел. В этом отношении весьма показательным является вопрос о так называемых близнецах. Простыми числами-близнецами называется такая пара простых чисел p и p' , разность которых равна двум. Таким образом близнецами считаются следующие пары: 3 и 5, 5 и 7, 11 и 13, 17 и 19, 29 и 31 и т. д.

Если проследить за распределением близнецов по таблицам простых чисел, то они встречаются на всем протяжении таблиц, имеющихся в настоящее время в нашем распоряжении, но чем дальше, тем они встречаются все реже. Поэтому возникает вопрос, существует ли бесчисленное множество простых чисел близнецов. Другими словами, существует ли бесчисленное множество пар простых чисел, удовлетворяющих уравнению $x - y = 2$. Решение этой задачи тоже невозможно при современном состоянии науки.

К труднейшим вопросам теории чисел относится также известная проблема Гольдбаха. В переписке Гольдбаха и Эйлера за 1742 г. содержится утверждение о том, что всякое четное число может быть разложено на сумму двух простых чисел, напр., $14 = 3 + 11$, $36 = 5 + 31$ и т. д. Это утверждение, получившее название проблемы Гольдбаха, относится к так называемым аддитивным (addition — сложение) проблемам теории чисел, так как оно заключается в рассмотрении вопроса о возможности разложения данного числа на сумму слагаемых, обладающих заданным свойством. В проблеме Гольдбаха заданное свойство слагаемых состоит в том, что эти слагаемые должны быть простыми числами. До настоящего времени эта проблема не решена, хотя ею занимались многие выдающиеся математики. Интересно отметить, что известный математик Г. Кантор эмпирически проверил справедливость утверждения Гольдбаха для всех четных чисел до 1000, но теоретически доказать это утверждение ему не удалось. Из проблемы Гольдбаха непосредственно выте-

кает, что всякое нечетное число может быть разложено в сумму трех простых чисел. Таким образом, можно еще высказать такое общее утверждение: всякое целое число может быть разложено в сумму не более 3 простых чисел. До сих пор не только проблема Гольдбаха, но и это утверждение еще никем не доказано.

Мало того, в своей книге *Vorlesungen über Zahlentheorie*, изданной в 1927 г., один из виднейших современных авторитетов по теории чисел проф. Ландау (E. Landau) указывает, что недоступным для современного состояния науки является также доказательство предложения, менее трудного, чем только что указанное. Именно, еще в 1927 г. считалась неразрешимой следующая проблема: существует ли такое постоянное число r , чтобы любое целое число N могло быть разложено в сумму r простых чисел; другими словами, можно ли любое число N разложить в сумму ограниченного (не зависящего от N) числа простых чисел. И вот, в 1930 г. молодой московский математик Л. Г. Шнирельман в своей превосходной работе „Об аддитивных свойствах чисел“ впервые доказал возможность разложения любого числа N в сумму r простых чисел, где r постоянное число, не зависящее от N .

Правда, Л. Г. Шнирельман не указывает точно, чему равно это постоянное число r , тем не менее его работу, по словам Ландау, можно считать крупнейшим достижением современной теории чисел.

Доказательство Л. Г. Шнирельмана основывается на введенном им понятии плотности последовательности целых чисел. Если дана какая-нибудь возрастающая последовательность целых чисел $n_1, n_2, n_3, \dots, n_k, \dots$, то, говорят, что эта последовательность имеет положительную плотность α , если для любого члена этой последовательности n_k отношение числа k членов последовательности, не превосходящих n_k , к самому числу n_k больше или равно α , т. е.

$$\frac{k}{n_k} \geq \alpha.$$

Любое целое число, как легко показать, может быть разложено в сумму ограниченного числа членов последовательности, если эта последовательность имеет положительную плотность α . Последовательность простых чисел, как известно, не имеет положительной плотности. Однако, если взять последовательность, состоящую из всевозможных сумм определенного числа простых чисел, то оказывается, что эта последовательность уже имеет положительную плотность. В этом заключается отправной путь доказательства Л. Г. Шнирельмана.

Мы могли бы увеличить число примеров подобного рода, когда формулировка задачи крайне проста и определена, и вместе с тем решение ее представляет непреодолимые трудности. Такой характер задач несомненно служил одной из причин того, что к теории чисел в течение ряда веков было приковано внимание величайших математиков. Трудно назвать хотя бы одного крупного математика, начиная с XVII в., который не работал бы над решением важнейших и интереснейших вопросов, на которые мы наталкиваемся в изобилии при рассмотрении ряда целых натуральных чисел. Так, вопрос о законах распределения простых чисел в ряду всех натуральных чисел был предметом глубоких исследований Ферма, Эйлера, Лагранжа, Лежандра, Гаусса, Дирихле, Чебышева, Риманна, де-Вале-Пуссена, Адамара и др.; и тем не менее, несмотря на изумительные результаты, полученные этими учеными, до сих пор этот вопрос нельзя считать исчерпанным.

Нужно сказать, что вопросы теории чисел привлекают к себе внимание не только математиков-специалистов. Некоторые вопросы настолько привлекательны, настолько волнуют своей кажущейся простотой и вместе с тем своей неприступностью, что над их разрешением работают широкие круги, не имеющие специальной математической подготовки. К сожалению, большинство этих людей не всегда отдают себе отчет в глубине рассматриваемых ими вопросов и в тех трудностях, с которыми решение их сопряжено. Примером этого может служить так называемая великая

теорема Ферма. Без преувеличения можно сказать, что над доказательством этой теоремы работают десятки тысяч людей, но простое рассмотрение, возникающих в связи с этим многочисленных „доказательств“ этой знаменитой теоремы, показывает, насколько несерьезно большинство из них подходит к решению этой труднейшей проблемы.

У читателя невольно возникает вопрос, представляются ли действительно указанные проблемы важными, если не сами по себе, то по крайней мере для дальнейшего развития математики. Прежде всего необходимо отметить, что любая теорема, любой вопрос из теории чисел представляет собою выражение тех закономерностей, которые в действительности имеют место в мире целых чисел. В этом смысле вопросы теории чисел имеют большой теоретико-познавательный интерес, поскольку они освещают известные законы природы, ибо изучение ряда натуральных чисел мы с полным правом можем считать задачей естествознания в широком смысле этого слова.

Но было бы совершенно неверно предполагать, что указанный круг проблем стоит совершенно изолированно от других вопросов математики, имеющих столь большое значение в многочисленных отраслях науки и практической деятельности.

Правда, многие вопросы теории чисел при их возникновении представляются совершенно оторванными не только от практических дисциплин, но и от других теоретических отделов самой математики. Но это представление вызывается исключительно тем, что существует только постановка вопроса, а не его решение. Опыт же развития науки показывает, что, если какая-либо математическая дисциплина возникает не из непосредственных практических потребностей, а в результате имманентного развития математики, находящегося безусловно в связи с общим развитием культуры, то на определенной стадии эта дисциплина всегда приобретает большое значение для самых разнообразных областей человеческого знания. В качестве примера таких дисциплин можно

переменного, абстрактную теорию групп, неевклидовы геометрии и др. Теорию чисел, в настоящее время, пока нельзя сравнить с только-что названными дисциплинами по количеству своих приложений, тем не менее наиболее разработанные отделы теории чисел, как, например, теория квадратичных форм, играют уже большую роль в других отделах математики и в естествознании.

Приведенные в начале этой статьи примеры нерешенных в теории чисел задач, может быть, создали у читателя впечатление, что этот отдел математики совершенно не разработан и состоит исключительно из проблем, перед которыми современная наука беспомощна. Такое впечатление ни в какой мере не соответствовало бы действительности. В этом мы убедимся из рассмотрения знаменитой проблемы Варинга, которую далеко еще нельзя считать исчерпанной в полной мере, но в связи с которой за последние десятилетия достигнуты блестящие результаты, причем некоторые из них относятся к наиболее выдающимся достижениям современной математики.

Одна из наиболее характерных особенностей теории чисел заключается в том, что многие ее законы очень легко обнаруживаются экспериментально, путем производства непосредственных вычислений над числами, в то время как математическое доказательство этих законов в общем виде вызывает большие трудности. Поэтому многие теоремы теории чисел были известны гораздо раньше, чем удалось найти их доказательство. И проблема Варинга является иллюстрацией того, насколько легко экспериментально открыть тот или иной арифметический закон и насколько трудно его доказать.

Простейший частный случай проблемы Варинга был известен уже математикам древней Греции. Есть основания предполагать, что Диофанту (IV в. до нашей эры) был известен следующий факт: всякое целое число либо представляет собою полный квадрат, либо есть сумма двух, трех или четырех квадратов. Это утверждение впервые доказанное Лагранжем в 1772 г. и носящее теперь название теоремы Лагранжа, мож-

но еще формулировать так: всякое целое число может быть представлено в виде суммы четырех или менее полных квадратов.

В 1770 г. профессор Кембриджского университета Варинг (E. Waring, 1736—1798) в своей книге *Meditationes algebraicae* высказал утверждение, напоминающее теорему Лагранжа, но относящееся не только к квадратам, а к кубам, биквадратам (четвертым степеням), пятым степеням, вообще к любым полным степеням с целым показателем. Именно, Варинг утверждает, что всякое целое число может быть представлено в виде суммы девяти или менее полных кубов, девятнадцати или менее биквадратов, и т. д. Вообще, для каждого целого показателя степени n можно найти вполне определенное целое число r так, чтобы любое целое число N можно было представить в виде суммы r или менее полных n -ых степеней. В этом и состоит проблема Варинга. Само собою разумеется, что Варинг доказать ее в такой общей форме не умел, но он ее проверил эмпирически, на частных примерах.

Для дальнейшего нам полезно будет формулировать проблему Варинга еще так: для данного целого числа n можно найти целое r , зависящее только от n , так, чтобы при любом целом N неопределенное уравнение

$$N = x_1^n + x_2^n + \dots + x_r^n \quad (2)$$

можно было удовлетворить целыми положительными или равными нулю числами x_1, x_2, \dots, x_r . Уравнение (2) мы будем называть уравнением Варинга.

Выше было отмечено, что частный случай проблемы Варинга был решен в 1772 г. Лагранжем. Следующий шаг в направлении доказательства утверждения Варинга был сделан Лиувиллем (*Liouville*), опубликовавшим в 1859 г. доказательство теоремы для случая $n=4$. Лиувиль доказал, что каждое целое число может быть представлено в виде суммы пятидесяти трех или менее полных биквадратов, т. е. для того, чтобы удовлетворить уравнению (2) при $n=4$, достаточно взять $r=53$.

Это доказательство, несколько видоизмененное после Лиувилля, основывается на тождестве

$$\begin{aligned} & 6(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2)^2 = \\ & = (x_1 + x_2)^4 + (x_1 - x_2)^4 + (x_1 + x_3)^4 + \\ & + (x_1 - x_3)^4 + (x_1 + x_4)^4 + (x_1 - x_4)^4 + \\ & + (x_2 + x_3)^4 + (x_2 - x_3)^4 + (x_2 + x_4)^4 + \\ & + (x_2 - x_4)^4 + (x_3 + x_4)^4 + (x_3 - x_4)^4 \quad (3) \end{aligned}$$

Так как по теореме Лагранжа каждое число можно представить в виде суммы не более 4 квадратов, то с помощью только что написанного тождества мы убеждаемся в том, что число, имеющее форму $6X^2$, можно разложить в сумму не более 12 биквадратов. Применяя опять теорему Лагранжа находим, что любое число, кратное шести, может быть представлено в виде суммы не более 4 слагаемых, каждое из которых имеет форму $6X^2$, следовательно, любое число, кратное шести, может быть представлено в виде суммы не более $12 \times 4 = 48$ биквадратов. Но любое целое число представляется в виде суммы двух слагаемых, из которых одно слагаемое есть кратное шести, а другое есть одно из чисел 0, 1, 3, 4, 5. Поэтому мы и приходим к заключению, что любое целое число разлагается в сумму не более $48 + 5 = 53$ биквадратов.

Целый ряд частных результатов в связи с проблемой Варинга был получен французским математиком Майе (*Maillet*). В 1895 г. им получено доказательство теоремы для кубов, причем им установлено, что в уравнении (2) достаточно взять $r \geq 21$. В 1896 он доказал теорему для пятых степеней и в 1908 для восьмых степеней. Другими математиками были найдены доказательства еще нескольких частных случаев, из которых особенно следует отметить результаты, полученные в 1909 г. Виферихом (*Wieferich*) и Ландау (*Landau*). Эти результаты относятся к разложению чисел в сумму кубов, при чем Виферих доказал, что для разложения любого числа достаточно взять 9 кубов. Так как числа 23 и 239 требуют для своего представления ровно 9 кубов,¹ то результат

¹ До сих пор неизвестно, являются ли числа 23 и 239 единственными числами, требующими для своего представления 9 кубов.

Вифериха является предельным по точности.

Казалось бы, что проблема Варинга для кубов таким образом всецело исчерпана.

Но вскоре после опубликования работы Вифериха было доказано Ландау, что лишь конечное число целых чисел требуют для своего представления 9 кубов, а остальные целые числа могут быть разложены в сумму не более 8 кубов. Таким образом, Ландау нашел, что любое целое число, большее некоторого постоянного числа, может быть разложено в сумму 8 или менее кубов. Значение этого результата Ландау далеко выходит за пределы частного случая, так как с помощью его мы приходим к одному важному понятию, связанному с проблемой Варинга.

Сейчас мы пришли к необходимости точно указать, какие именно результаты мы должны получить при решении проблемы Варинга. Заметим, что, если при данном значении n мы нашли такое значение r , при котором уравнение (2) разрешимо в целых x для любого целого N , большего единицы, то существует наименьшее значение r , обладающее этим свойством. Это наименьшее значение r зависит только от n , и мы его будем обозначать через $g(n)$. Мы видели, что $g(2) = 4$, $g(3) = 9$. Назовем теперь через $G(n)$ наименьшее значение r , при котором уравнение (2) разрешимо для всех N , больших некоторого постоянного числа N_0 , или, как мы будем говорить, для всех N , начиная с некоторого места. Из результата Ландау следует, что $G(3) \leq 8$, причем введение числа $G(n)$ вызвано этим результатом Ландау для $G(3)$, ибо он показал, что $G(n)$ вообще может быть меньше чем $g(n)$.

Обозначим, наконец, через $I(N, n, r)$ число всевозможных решений уравнения (2) в целых x_1, x_2, \dots, x_r . Это число называется еще иначе числом представлений, так как оно показывает, сколькими способами можно представить число N в виде суммы r слагаемых, из которых каждое есть полная n -я степень.

Полное решение проблемы Варинга **б** заключается в точном определении

$g(n)$ и $G(n)$ ¹ для каждого n и в определении величины $I(N, n, r)$ для данных значений N, n и r .

Случай $n=2$ можно считать исчерпанным так как из теоремы Лагранжа следует $g(2) = 4$. Кроме того легко показать, что и $G(2) = 4$, так как существует бесчисленное множество чисел, которые не могут быть представлены суммой трех кубов. Наконец, число представлений для этого случая было найдено Якоби еще в прошлом столетии, путем применения эллиптических функций.

Но уже в случае $n=3$ проблема Варинга до сих пор не может считаться исчерпанной, так как, хотя и известно значение $g(3) = 9$, но неизвестно точное значение $G(3)$. Между тем число $G(3)$ следует признать более важным чем $g(3)$, ибо это последнее, как мы видели, имеет значение лишь для конечного числа целых чисел N . Для $G(3)$ известно лишь, что оно должно быть равно одному из чисел 4, 5, 6, 7, 8. В этом отношении большой интерес представляет следующая таблица,² составленная эмпирически

| N | r | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------|-----------|----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|---|
| 1— | 1 000 | 10 | 41 | 122 | 242 | 293 | 202 | 73 | 15 | 2 |
| 1 000— | 2 000 | 2 | 27 | 113 | 283 | 368 | 194 | 23 | — | — |
| 9 000— | 10 000 | 1 | 17 | 121 | 377 | 401 | 83 | — | — | — |
| 19 000— | 20 000 | 1 | 12 | 100 | 400 | 426 | 61 | — | — | — |
| 29 000— | 30 000 | 1 | 11 | 105 | 448 | 388 | 47 | — | — | — |
| 39 000— | 40 000 | 1 | 13 | 117 | 457 | 384 | 28 | — | — | — |
| 999 000— | 1 000 000 | 1 | 1 | 94 | 614 | 289 | 1 | — | — | — |

и показывающая, сколько чисел, содержащихся в некоторых промежутках (от 1 до 1000, от 1000 до 2000, и т. д.), представляются в виде суммы кубов при данном наименьшем значении r .

Из этой таблицы видно, что не исключена возможность, что $G(3)$ равно 5 или 4, между тем до сих пор не удалось доказать даже что $G(3) \leq 7$. За послед-

¹ Кроме чисел $G(n)$ и $g(n)$ в теории чисел рассматривается еще число $G_1(n)$ — наименьшее r , при котором уравнение (2) разрешимо „почти“ для всех N . Но мы считаем ненужным останавливаться на этом числе в данной статье.

² Эта таблица приводится в докладе G. H. Hardy, Some Famous Problems of the Theory of Numbers, Oxford, 1920.

ние десятилетия появились работы Баера (Baer, 1913), Поста (Post, 1920), Арндта (Arndt, 1925), в которых доказывается, что существует ряд классов целых чисел, для представления которых достаточно 7 кубов, но их результаты далеки от указанного выше результата $G(3) \leq 7$. По словам одного из выдающихся современных математиков Харди (G. H. Hardy), вопрос о том, чему в действительности равно $G(3)$, является глубочайшей тайной арифметики.

Прежде чем перейти к обзору общих результатов, полученных в связи с проблемой Варинга, приведем некоторые замечания, которые помогут нам лучше уяснить себе рассматриваемый вопрос. Тот факт, что любое целое число N можно представить в виде суммы полных n -ых степеней, можно считать совершенно очевидным и не требующим особого изучения. В самом деле, каждое число N представляется в виде суммы N единиц, а единицу можно рассматривать как полную n -ю степень. Совершенно элементарными средствами можно даже показать, что любое целое число N представляется в виде суммы полных n -ых степеней, причем число n -ых степеней гораздо меньше, чем N . С этой целью мы выбираем следующий путь.

Находим $\sqrt[n]{N}$ и берем ближайшее меньшее целое число к этому корню. Пусть это будет некоторое число x_1 . Тогда

$$\sqrt[n]{N} = x_1 + a,$$

где a некоторая величина меньшая единицы и по формуле бинома Ньютона

$$N = x_1^n + nx_1^{n-1}a + \frac{n(n-1)}{1,2}x_1^{n-2}a^2 + \dots,$$

откуда

$$N - x_1^n = nx_1^{n-1}a + \frac{n(n-1)}{1,2}x_1^{n-2}a^2 + \dots$$

Так как $a < 1$, то подставив в правой части этого равенства вместо x_1 большую величину $\sqrt[n]{N}$ и заменив a единицей, найдем

$$N - x_1^n < nN^{\frac{n-1}{n}} + \frac{n(n-1)}{1,2}N^{\frac{n-2}{n}} + \dots,$$

или

$$N - x_1^n < C_1 N^{\frac{n-1}{n}},$$

где C_1 некоторая величина, не зависящая от N . Если мы с числом стоящим в правой части последнего неравенства поступим так же, как поступали с самым N , т. е. извлечем корень n -й степени и ближайшее целое обозначим через x_2 , то аналогично найдем

$$N - x_1^n - x_2^n < C_2 N^{\left(\frac{n-1}{n}\right)^2},$$

где C_2 не зависит от N . Продолжая эту операцию k раз, мы получим

$$N - x_1^n - x_2^n - \dots - x_k^n < C_k N^{\left(\frac{n-1}{n}\right)^k}, \quad (4)$$

где C_k не зависит от N , а x_1, x_2, \dots, x_k целые числа.

Простой расчет показывает, что, если k принять равным некоторому постоянному числу D , умноженному на $\log \log N$, то правая часть неравенства (4) обратится в некоторое постоянное C . Итак, достаточно взять

$$r = k + C = D \log \log N + C \quad (5)$$

полных n -ых степеней, чтобы представить число N . Но этот результат ни в коем случае не дает нам решения проблемы Варинга, так как с возрастанием N величина $\log \log N$ растет бесконечно, и вместе с тем выражение (5) для r тоже бесконечно растет. Между тем сущность проблемы Варинга заключается как раз в том, чтобы доказать возможность разложения данного числа N в сумму ограниченного (не зависящего от N) числа n -ых степеней. Приведенные нами элементарные соображения, может быть, лишней раз иллюстрируют трудность рассматриваемой нами проблемы.

В 1909 г. Гильберту (D. Hilbert) впервые удалось принципиально доказать рассматриваемую нами проблему для любой степени. Результат, полученный Гильбертом, можно формулировать так: любое целое число N можно представить в виде суммы ограниченного (не зависящего от N) числа n -ых степеней. Таким образом, Гильберт доказывает, что для любого n число $g(n)$ конечно и зависит только от n , но при этом он не указывает числового значения для $g(n)$. Доказательство Гильберта яв-

ляется, как говорят математики, доказательством существования (Existenzbeweis), так как оно дает возможность убедиться в том, что $g(n)$ существует, но не показывает в то же время, как его вычислить. Тем не менее доказательство Гильберта, как первый общий результат по проблеме Варинга, можно отнести к наиболее крупным открытиям современной теории чисел.

Не имея возможности в настоящей статье подробно остановиться на доказательстве Гильберта, мы все же укажем основные его моменты. Прежде всего, Гильберт устанавливает тождество, напоминающее тождество (3), которым мы пользовались при доказательстве проблемы для случая $n=4$. Именно, для любого целого m и целых x_1, x_2, x_3, x_4 выражение $(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2)^m$, умноженное на некоторое целое число M , зависящее от m , тождественно равно сумме ограниченного числа выражений вида

$$(a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4)^{2m},$$

где a_1, a_2, a_3, a_4 целые числа, зависящие только от m . Это тождество Гильбертом получено путем применения кратных интегралов в пространстве 25 измерений и позволило ему на основании теоремы Лагранжа получить доказательство проблемы Варинга для любой степени, показателем которой является число вида $n=2^k$. Затем Гильберт распространяет этот результат на случай любого n , и здесь метод его, хотя и свободный от применения средств анализа бесконечно малых, содержит в себе значительные арифметические трудности.

Метод Гильберта впоследствии был упрощен рядом авторов. В частности, шведскому математику Стридсбергу (Stridsberg) в 1911 г. удалось целиком освободить метод Гильберта от элементов анализа бесконечно малых и получить, таким образом, чисто арифметическое доказательство проблемы Варинга. Тем не менее это доказательство оставалось чрезвычайно сложным и оно оставалось попрежнему лишь доказательством существования. С помощью метода Гильберта нельзя получить значения для чисел $g(n)$ и $G(n)$ и тем бо-

лее нельзя найти выражения для числа представлений $I(N, n, r)$. Но доказательство Гильберта имеет еще и другой существенный недостаток. Проблема Варинга так же, как и проблема Гольдбаха, принадлежит к числу аддитивных проблем. Наука долгое время не была в состоянии найти общий метод для решения таких проблем. В этом отношении интересно отметить, что еще в известных лекциях Кронекера по теории чисел, изданных в 1901 г., указывается, что наиболее естественно было бы начать изучение целых чисел с вопроса о том, на какие слагаемые можно разложить данное число, но наука вынуждена пока обойти молчанием этот вопрос, в виду отсутствия каких бы то ни было методов к решению задач такого рода. Таким образом, еще в начале XX в. не были известны общие методы для решения аддитивных проблем. Впервые метод решения одной аддитивной проблемы был найден Гильбертом, но этот метод оказался пригодным лишь для решения одной проблемы Варинга. Таким образом, наука и после открытия Гильберта осталась без общего метода для решения аддитивных проблем.

Поэтому необходимо признать крупнейшим достижением теории чисел опубликование в 1919 г. доказательства проблемы Варинга двух английских математиков Харди (Hardy) и Литтлвуда (Littlewood). Их доказательство основано на применении аппарата теории функций комплексного переменного и может быть рассматриваемо, как общий метод для решения аддитивных проблем. В то же время эти ученые получили довольно приличные по точности значения для $G(n)$ и для числа представлений $I(N, n, r)$.

Основная идея их доказательства была указана еще Эйлером и заключается в следующем.

Бесконечный ряд

$$(x) = 1 + x^{1^n} + x^{2^n} + x^{3^n} + \dots,$$

члены которого зависят от переменной величины x , имеет вполне определенную сумму для каждого значения x , меньшего по абсолютной величине единицы, или, как говорят, ряд сходится при $|x| < 1$. Если возвысить этот ряд в степень r ,

то получим новый ряд, расположенный по степеням буквы x

$$1 + I_1 x + I_2 x^2 + I_3 x^3 + \dots + I_N x^N + \dots, \quad (6)$$

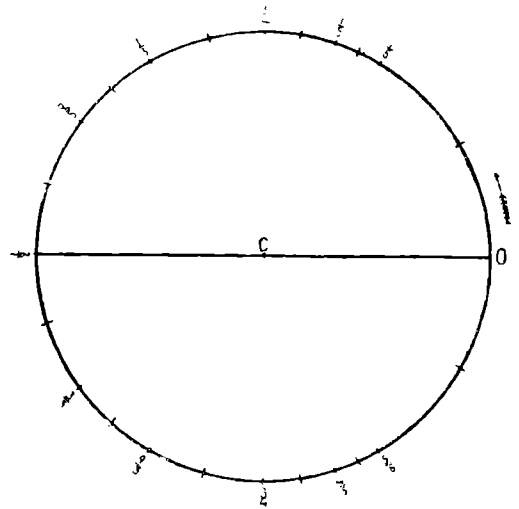
при чем коэффициент I_N при x^N в точности равен числу представлений N в виде суммы r n -ых степеней, то есть $I_N = I(N, n, r)$. Для решения проблемы Варинга нужно, таким образом, вычислить коэффициенты I_N ряда (6) и определить, при каких значениях r все эти коэффициенты отличны от нуля. До последнего времени не удавалось не только найти хотя бы приблизительную величину для I_N , но и не представлялось возможным даже установить тот факт, что все коэффициенты ряда (6) при определенных значениях r отличны от нуля.

Харди и Литлвуду удалось впервые найти приблизительную величину этих коэффициентов, причем они исходили из того факта, что по классической теореме Коши, относящейся к теории функций комплексного переменного, коэффициенты ряда (6) выражаются аналитически следующим образом

$$I_N = \frac{1}{2\pi i} \int \frac{(f(x))^r}{x^{N+1}} dx,$$

где интеграл берется вдоль контура круга с центром в начале координат и с радиусом меньшим единицы. Вся трудность вычисления этого интеграла заключается в том, что во всех точках окружности с центром в начале координат и с радиусом равным единице функция, стоящая под знаком интеграла, обращается в бесконечность, или, как говорят, все точки единичной окружности являются особыми точками для функции, стоящей под знаком интеграла. Харди и Литлвуд преодолевают эту трудность следующим образом. Они классифицируют особые точки, покрывающие всю окружность, путем деления ее на рациональные части. Это деление они проводят следующим образом (см. фиг. 1).

Горизонтальный диаметр пересекает окружность делит ее пополам. Поэтому, если условимся принять правую из точек пересечения за начало отсчета частей окружности и откладывать части



Фиг. 1.

окружности в направлении противоположном движению часовой стрелки, то левая из точек пересечения совпадает с концом первой половины окружности. Соответственно этому мы концы диаметра отмечаем числами 0 и $1/2$. После этого делим окружность, начиная от точки 0 на три равные части и отмечаем точки деления числами $1/3$ и $2/3$. Продолжая деление окружности на 4, 5, 6 и т. д. частей, мы получим ряд точек, отмеченных рациональными несократимыми дробями, при чем знаменатели дробей возрастают (на фиг. 1 мы ограничились дробями со знаменателями не превосходящими 6). Представим себе, что на окружности нанесены все правильные дроби со знаменателями не превосходящими $N^{1-\epsilon}$, где ϵ некоторое положительное число, меньшее $\frac{1}{n}$. Можно

разбить окружность на мелкие дуги так, чтобы каждая такая дуга содержала по одной из точек, соответствующих нанесенным дробям. Часть этих мелких дуг, содержащих дроби с знаменателями, не превосходящими N^ϵ , называют большими дугами (major arcs), а остальные дуги называются малыми дугами (minor arcs).

Пользуясь чрезвычайно важным в теории чисел неравенством Вейля (Weyl), Харди и Литлвуд доказывают, что при

интегрировании вдоль окружности, можно малые дуги выбросить, ограничиваясь только интегрированием вдоль больших дуг. Ошибка, допускаемая при этом, сравнительно со всей величиной искомого коэффициента I_N , незначительна, если r больше некоторого числа r_0 , зависящего только от n .

После этого доказывается, что при интегрировании вдоль больших дуг функции, стоящую под знаком интеграла, можно заменить другой, более подходящей, так называемой аналитической функцией, и при этом опять допускаем сравнительно небольшую ошибку. Наконец, небольшую ошибку мы допустим, если интегрирование вдоль каждой большой дуги заменить интегрированием вдоль всей окружности. Заменяя, таким образом, один интеграл суммой более простых интегралов, мы получаем возможность получить приближенное значение для I_N .

Выражение для I_N , получаемое при этом, можно записать так:

$$I_N = K S_N N^{r-1} + O(N^{r-1-\sigma}), \quad (7)$$

где K положительная величина, зависящая только от n и r и выражающаяся с помощью так называемой функции Γ (гамма-функции), S_N — так называемый особый ряд (singular series), сумма которого зависит от N , но не превосходит некоторой постоянной величины, σ постоянная положительная величина, а второй член правой части (7) выражает ту ошибку, которую мы допускаем при вычислении I_N ; буквой O отмечается тот факт, что ошибка меньше

$N^{r-1-\sigma}$, умноженного на некоторую положительную или отрицательную постоянную, не зависящую от N .

Если бы в первом члене (мы его будем называть главным членом в отличие от второго члена, называемого остаточным членом) правой части формулы (7) не было множителя S_N , то решение проблемы получилось бы непосредственно. В самом деле, начиная с некоторого значения N , величина главного члена становится больше величины

остаточного члена, так как в главный член N входит в более высокой степени. Мы получаем, таким образом, для всех коэффициентов I_N , начиная с некоторого места, положительное значение, что и доказывает проблему Варинга. Но, так как главный член содержит S_N , то мы такого заключения сделать не можем ибо эта величина может оказаться равной нулю.

Поэтому Харди и Литлвуд после получения формулы (7) вынуждены дополнительно провести чрезвычайно трудные исследования особенных рядов S_N , и им удалось доказать, что для всех значений r , больших некоторого определенного числа r_0 , сумма особенного ряда S_N не может быть меньше положительной постоянной величины. Этим окончательно решается вопрос. Нужно отметить, что исследование особенных рядов занимает значительную часть доказательства Харди и Литлвуда. Впрочем, Ландау в 1930 г. получил очень краткое доказательство того, что S_N не может быть меньше положительной постоянной.

Выше мы отмечали, что все результаты Харди и Литлвуда получаются для любого r , большего некоторого числа r_0 , зависящего от n . Легко видеть, что $G(n)$ не превосходит r_0 . Из доказательства получается поэтому вполне определенная оценка для $G(n)$, именно:

$$G(n) \leq r_0 = (n-2)2^{n-1} + 5.$$

Таким образом, главный результат Харди и Литлвуда может быть выражен так: каждое целое число, начиная с некоторого места, может быть разложено в сумму $(n-2)2^{n-1} + 5$ или менее полных n -ых степеней, причем число представлений выражается формулой (7). Это означает, что все большие числа N разлагаются в сумму не более 9 кубов. 21 биквадратов, 53 пятых степеней, и т. д. Число представлений при этом равно некоторой постоянной, умножен-

ной на N^{r-1} , или, как говорят, число представлений есть величина порядка N^{r-1} .

Заметим, что из этого результата для $G(n)$ следует также, что $g(n)$ конечно. В самом деле, так как все числа,

меньшие некоторого постоянного N_0 , выражаются суммой не более N_0 n -ых степеней, а числа большие N_0 суммой не более $G(n)$ n -ых степеней, то для $g(n)$ можно взять наибольшее из чисел $G(n)$ и N_0 . Но результат Харди и Литавуда, устанавливая существование $g(n)$, не дает однако возможности судить о его величине.

Впервые удалось получить удовлетворительную оценку для $g(n)$ из нового доказательства проблемы Варинга, предложенного в 1924 г. академиком И. М. Виноградовым. По краткости, а также по вытекающим результатам, это доказательство является исключительно важным.

В своем доказательстве И. М. Виноградов берет некоторое целое число x , отличающееся постоянным

множителем от $\sqrt[n]{N}$. Тогда целое число, $\left[\frac{N}{x^n}\right]$ ближайшее к отношению $\frac{N}{x^n}$ и меньшее этого отношения, остается меньше некоторого постоянного, для сколь угодно большого N . Обозначив через m некоторое целое число, меньшее $\left[\frac{N}{x^n}\right]$, будем очевидно иметь

$$N = \left(\left[\frac{N}{x^n}\right] - m\right) x^n + (mx^n + H),$$

где

$$H = N - \left[\frac{N}{x^n}\right] x^n.$$

Таким образом, N разложено в сумму двух слагаемых, из которых первое уже представлено в виде суммы конечного числа n -ых степеней, а второе слагаемое при делении на x^n дает в остатке H .

Мы можем поэтому доказать нашу теорему не для данного числа N , а для одного из чисел вида $mx^n + H$, где множитель m может принимать значения $0, 1, 2, \dots, k$, а k хотя и конечное, но достаточно большое число. Обозначив поэтому через $I(M, n, r)$, или короче через I_M число представлений M в виде суммы r n -ых степеней, достаточно доказать, что

$$I_N + I_{2x^n+H} + I_{3x^n+H} + \dots + I_{kx^n+H} \quad (8)$$

больше нуля, так как тем самым будет доказано, что по крайней мере одно слагаемое этой суммы будет больше нуля. Это весьма облегчает доказательство, так как мы можем распоряжаться произвольным множителем m . Исследование выражения (8) проводится с помощью конечных тригонометрических сумм.

В 1925 г. Ландау в специальной работе, посвященной методу И. М. Виноградова показал, что этот метод дает возможность сделать следующий вывод: для

всех значений n , больших некоторого постоянного, $g(n) \leq n^{2n}$; другими словами, любое число N большее единицы разлагается в сумму n^{2n} полных n -ых степеней для всех n , начиная с некоторого места. В самое последнее время ленинградскому математику М. А. Гельбке удалось доказать еще более точное соотношение: $g(n) \leq n^{2^{n-1}}$.

Для того, чтобы судить о степени точности этого результата, заметим, что еще Эйлер указал, что $g(n)$ не может быть меньше, чем $s + 2^n - 2$ где s наибольшее целое число, меньшее $\left(\frac{3}{2}\right)^n$.

В этом мы можем без труда убедиться, если обратим внимание на число $(s-1)2^n + 2^n - 1$, меньшее 3^n . Это число может быть представлено лишь n -ыми степенями двоек и единиц, и для представления его требуется, следовательно, как раз $s-1+2^n-1 = s+2^n-2$ полных n -ых степеней.

В 1928 г. И. М. Виноградов предложил другое доказательство теоремы Варинга, из которого получаются такие же результаты, какие получены Харди и Литавудом, но доказательство И. М. Виноградова несравненно проще и естественнее. Такое упрощение чрезвычайно важно не только для облегчения изучения проблемы Варинга, но и для более удобного приложения метода к решению других аддитивных проблем. Этот метод настолько замечателен и настолько важен, что нельзя пройти мимо него, не указав хотя бы в нескольких словах идеи, легшие в его основание.

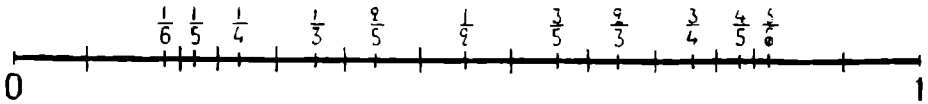
Известно, что интеграл

$$\int_0^1 e^{2\pi i y z} dz$$

равен единице, если $y = 0$, и равен нулю, если y есть целое число, отличное от нуля. Пользуясь этим, мы подставляем разность

$$x_1^n + x_2^n + \dots + x_r^n - N$$

вместо y . Тогда наш интеграл обратится в единицу, если числа x_1, x_2, \dots, x_r удовлетворяют уравнению Варинга (2) и обратится в нуль, если эти числа не удовлетворяют этому уравнению. Рассматриваемый интеграл является как бы 11



Фиг. 2.

аппаратом, автоматически отбирающим те значения x_1, x_2, \dots, x_r , которые удовлетворяют уравнению Варинга. Рассмотрим поэтому сумму значений этого интеграла для всевозможных систем чисел x_1, x_2, \dots, x_r , где каждое x принимает независимо друг от друга значения от 1 до ближайшего целого числа, большего $\sqrt[n]{N}$. Эта сумма, которая тоже представляется в виде интеграла, взятого в пределах от 0 до 1, будет равна числу представлений N в виде суммы r полных n -ых степеней.

Точно вычислить этот интеграл не представляется возможным, поэтому приходится ограничиться его приближенным вычислением. Именно, отрезок интегрирования от 0 до 1 делится на рациональные части (см. фиг. 2) подобно тому, как делилась окружность при доказательстве Харди и Литавуда. При этом делении мы ограничиваемся дробями знаменатели которых не пре-

восходят величины $N^{\frac{n-1}{n}}$. После этого мы разбиваем весь отрезок от 0 до 1 на мелкие отрезки так, чтобы в каждом таком отрезке содержалось по одной из точек, соответствующих нанесенным дробям. И. М. Виноградов показывает, что, если мы возьмем наш интеграл не вдоль всего отрезка от 0 до 1, а лишь вдоль мелких отрезков, соответствующих дробям со знаменателями меньшими $\frac{2}{N^{\frac{1}{n}}}$, то мы допускаем сравнительно небольшую ошибку. Между тем, благодаря исключению из всего отрезка промежутков, соответствующих дробям с большими знаменателями, получается возможность свести вычисление интеграла к вычислению объема некоторой области пространства r измерений, а эта задача решается сравнительно просто.

Большого внимания заслуживают некоторые обобщения проблемы Варинга, достигнутые за последнее время. Прежде всего необходимо упомянуть теорему

Она заключается в том, что любое число N с точностью до ограниченного слагаемого может быть представлено в виде суммы ограниченного числа значений многочлена

$$a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_{n-1} x + a_n,$$

если для целых x многочлен этот принимает целые значения.

Далеко идущие обобщения проблемы Варинга достигнуты И. М. Виноградовым в 1928 г. Первое обобщение заключается в том, что любое целое число может быть представлено в форме целого многочлена n -й степени, удовлетворяющего некоторым условиям, с r независимыми переменными, если $r \geq n2^{n-1} + 1$. Во вторых, И. М. Виноградов рассматривает систему двух неопределенных уравнений

$$N = x_1^n + x_2^n + \dots + x_r^n$$

$$M = x_1^m + x_2^m + \dots + x_r^m,$$

и дает приближенное выражение числа их решений, при условиях $n > m$, M больше $\sqrt[n]{N^m}$ и меньше $\sqrt[r^{n-m}]{N^m}$ и $r \geq 18n^2 2^n$.

Весьма замечательное обобщение проблемы Варинга получено Л. Г. Шнирельманом в 1930 г. Мы уже ознакомились с понятием о плотности последовательности целых чисел. И вот Л. Г. Шнирельман доказывает, что уравнение Варинга (2) может быть удовлетворено числами x_1, x_2, \dots, x_r принадлежащими к любой последовательности, имеющей положительную плотность. Таким образом, решение уравнения Варинга (2) может состоять, например, из членов любой арифметической прогрессии.

К этому результату очень близко приближается по своему характеру обобщение, недавно опубликованное английским математиком Метленд Райт (E. Maitland Wright). Его результат состоит в том, что уравнение Варинга может быть удовлетворено числами x_1, x_2, \dots, x_r , почти равными между собой или

почти пропорциональными¹ заданным целым числам k_1, k_2, \dots, k_r .

Автору настоящей статьи недавно удалось впервые решить проблему Варинга для степеней с любыми дробными и иррациональными показателями. Для того, чтобы изложить этот результат, рассмотрим ряд полных степеней с каким-нибудь целым показателем, например, ряд кубов:

$$0, 1, 8, 27, 64, 125, 216, \dots \quad (9)$$

Мы видим, что в ряду всех целых чисел члены написанного ряда встречаются сравнительно редко и чем дальше, тем реже они встречаются. Будем складывать всевозможным образом члены написанного ряда по два и рассмотрим ряд чисел, составленных из таких сумм. Члены этого ряда будут встречаться в ряду целых чисел чаще, чем члены первоначального ряда. Если мы будем рассматривать ряды, составленные путем складывания членов ряда (9) по три, по четыре, и т. д., то, по мере увеличения числа слагаемых, члены получающегося ряда будут встречаться в ряду всех целых чисел все чаще и чаще. Проблема Варинга указывает, что, если складывать члены ряда (9) по девяти, (в каждую такую сумму один и тот же член ряда может входить несколько раз), то мы получим весь ряд целых чисел.

Напишем теперь ряд, составленный из всех натуральных чисел, возвышенных в степень с дробным или иррациональным показателем $s > 1$:

$$1^s, 2^s, 3^s, 4^s, 5^s, 6^s, \dots \quad (10)$$

По мере удаления от начала этого ряда разность между двумя соседними членами ряда будет становиться сколь угодно большой, т. е. члены ряда будут встречаться редко. Это будет иметь место тем сильнее, чем больше показатель степени s . Но, если и здесь брать суммы членов ряда, то пробелы, наблю-

даемые в первоначальном ряду, будут заполняться. Возникает вопрос, можно ли для данного s найти такое постоянное число r , чтобы в ряду чисел, полученных от сложения по r членов ряда (10), были заполнены все пробелы, т. е. чтобы разность двух соседних членов полученного таким образом ряда оставалась ограниченной или даже уменьшалась и стремилась к нулю. Мы получили утвердительный ответ на этот вопрос.

Именно, для данного s , отличного от целого числа, можно найти такое целое r , зависящее только от s , чтобы любое действительное число N можно было представить в виде суммы r или менее слагаемых вида x^s (x — целое), с точностью до некоторой погрешности, стремящейся к нулю по мере возрастания числа N . Другими словами, уравнение

$$N = a + x_1^s + x_2^s + \dots + x_r^s,$$

где r зависит только от s и не зависит от N , может быть решено в целых x_1, x_2, \dots, x_r , причем погрешность a стремится к нулю с возрастанием N .

Обозначим наименьшее из целых чисел r , обладающих только что формулированным свойством, через $G(s)$. Для этого числа $G(s)$ получена оценка, которая может быть записана приблизительно так:

$$G(s) \leq cn^{2n},$$

где n ближайшее к s целое число, большее s . Наряду с этим выяснен закон, по которому погрешность a стремится к нулю по мере возрастания N и найдена приближительная формула для числа представлений I_N . Интересно отметить, что эта формула для числа представлений отличается между прочим, от формулы (7), найденной Харди и Литтлвудом, тем, что отсутствует множитель S_N в главном члене.

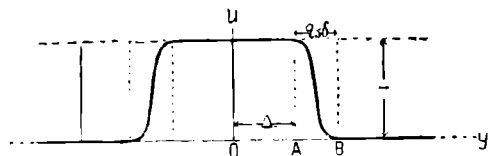
Эти результаты получены путем применения особых тригонометрических интегралов. Именно, рассматривается интеграл

¹ Если $k_1 + k_2 + \dots + k_r = K$, а $x_1 + x_2 + \dots + x_r = X$, то числа x_1, x_2, \dots, x_r называются почти пропорциональными числам k_1, k_2, \dots, k_r , если для данного сколь угодно малого положительного ϵ выполнены неравенства:

$$(1 - \epsilon) \frac{k_i}{K} < \frac{x_i}{X} < (1 + \epsilon) \frac{k_i}{K}, \quad (i = 1, 2, \dots, r).$$

$$u = \frac{1}{2^{s-1} \cdot \tau^{s+1}} \times \int_0^\infty \frac{\sin(2\tau\Delta z) \sin^s(2\tau\delta z)}{\delta^s z^{s+1}} e^{\epsilon\pi i y z} dz. \quad (11)$$

Этот интеграл при заданных величинах Δ, δ и s (s — целое число) представляет собою функцию



Фиг. 3.

величины y , при чем эта функция в прямоугольной системе координат изображается в виде кривой, указанной на фиг. 3.

Функция эта, как видно из чертежа, равна нулю для всех положительных и отрицательных значений y , кроме значений y достаточно близких к нулю, функция принимает значение, равное единице. Впрочем, в малом промежутке AB значение функции постепенно переходит от единицы до нуля, но мы выбираем величину δ настолько малой, что это обстоятельство несущественно. Если в нашу функцию подставить вместо y разность

$$x_1^c + x_2^c + \dots + x_r^c - N,$$

то функция обратится в нуль, если абсолютная величина этой разности велика, т. е. если она больше Δ и в единицу, если эта разность достаточно близка к нулю, т. е. абсолютная величина разности меньше Δ . Взяв сумму интегралов (11) для всех значений x_1, x_2, \dots, x_r от $x_i = 1$ до

$x_i \leq N^{\frac{1}{c}} + 1$, мы, очевидно, получим число представлений, I_N , с точностью до некоторой погреш-

ности, соответствующей промежутку AB , в котором наша функция больше нуля, но меньше единицы. Сумма эта, выражающая приблизительное значение I_N в свою очередь представляется в виде интеграла в пределах от 0 до бесконечности. Существенная часть метода заключается в том, чтобы доказать незначительность получаемой погрешности в том случае, когда мы возьмем наш интеграл лишь в пределах от нуля до $\frac{1}{N^{1-\epsilon}}$, где ϵ малое положительное число, отбрасывая часть интеграла в пределах от $\frac{1}{N^{1-\epsilon}}$ до бесконечности.

После этого вычисление оставшейся части интеграла сводится к вычислению некоторого объема в пространстве s измерений.

Этим мы ограничиваем обзор результатов, полученных наукой в связи с изучением проблемы Варинга. Мы видим, к каким глубоким исследованиям приводят арифметические вопросы, которые на первый взгляд кажутся чрезвычайно простыми. Вместе с тем мы имели случай убедиться в том, что задачи, которые еще недавно считались безнадежными в смысле их разрешимости, в настоящее время решены, и благодаря этому наука обогатилась рядом весьма плодотворных методов.

ИНДИКАТОРЫ ИНФРАКРАСНОЙ РАДИАЦИИ И ЕСТЕСТВЕННЫЙ ПРЕДЕЛ ИХ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

М. Л. ВЕЙНГЕРОВ

В последнее время большое значение и развитие приобрело изучение инфракрасных спектров. Эта область спектроскопии является ключем к выяснению структуры молекул. Сущность спектроскопического метода заключается в том, что исследуемое вещество освещается инфракрасной радиацией; под действием света ионы, из которых построены изучаемые молекулы, начинают колебаться с большей энергией, а вся молекула — быстрее вращаться, потому что, часть света, падающего на вещество, поглощается. Определив спектр поглощения, т. е. выяснив какую длину волны

имеют поглощаемые лучи, энергия которых идет на раскачивание ионов и вращение молекул, можно выяснить ряд основных вопросов, касающихся строения материи: форму и размер молекул, величину и природу сил, действующих между составными частями молекул, частоты колебаний, происходящих внутри молекул, и ряд других, важнейших моментов. Для изучения всего здесь перечисленного необходимо разбираться в подчас очень запутанных спектрах, состоящих из большого числа весьма слабых и близко расположенных линий. Исследование инфракрасных спектров

представляет поэтому нередко очень большие трудности и требует применения особо чувствительных методов. При исследовании видимого или ультрафиолетового света применяется фотографирование; инфракрасные лучи на фотографическую пластинку не действуют,¹ и поэтому для их исследования приходится применять методы, в корне отличные от фотографического. Для исследователя видимой части спектра абсолютная чувствительность фотографической пластинки особо существенного значения не имеет, так как при фотографическом методе световую энергию можно накапливать, применяя очень большие выдержки.

Не так обстоит дело, когда приходится изучать инфракрасную часть спектра; в этом случае вопрос о чувствительности² индикатора приобретает исключительную остроту.

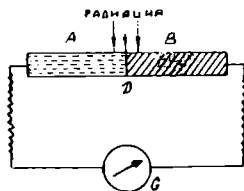
Инфракрасными лучами занимаются очень давно, и много экспериментального искусства и изобретательности было положено для достижения возможно большей чувствительности. Однако, исследователи старого времени шли, главным образом, эмпирическим путем, без понимания энергетической стороны процессов, происходящих в строившихся ими индикаторах.

В 1925 г. Изинг открыл, что существует естественный предел, ограничивающий точность различных измерительных операций. Тогда стало ясным, что и в случае измерения интенсивности инфракрасной радиации тоже должен существовать некоторый естественный предел чувствительности индикатора. Этой границей, суживающей возможности измерительной техники, как показал Изинг, являются флуктуационные эффекты. После открытия Изинга сделалось понятно, как нужно строить индикаторы, чтобы они имели наибольшую чувствительность.

Обратимся к термоэлементу, одному из наиболее часто ныне применяемых индикаторов, и на этом примере разберемся в вопросе о принципиальном пре-

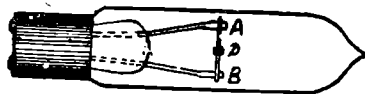
деле чувствительности и в сути тех энергетических процессов, на которые раньше, до открытия Изинга, как раз и не обращалось внимания.

Принцип термоэлемента, как известно, заключается в использовании электродвижущей силы, возникающей при нагревании места спая двух проволок, изготовленных из различных материалов, например из меди и из константана.



Фиг. 1.

Схема термоэлемента изображена на фиг. 1. На спай D металлических полосоков A и B падает радиация, интенсивность которой подвергается измерению. Благодаря нагреванию спая возникает термоэлектродвижущая сила, и гальванометр G , включенный в цепь, обнаружит ток, пропорциональный повышению температуры, которое в свою очередь пропорционально интенсивности падающей радиации. Таким образом, по отклонению гальванометра можно судить об интенсивности падающего света.



Фиг. 2.

На фиг. 2 изображен для примера термоэлемент Молля и Бургера. Термоспай $A-B$ находится в хорошо откачанном, запаянном стеклянном сосуде, так что охлаждение через воздух отсутствует. Толщина проводников A и B составляет лишь 1—2 микрона.

Рассмотрим теперь, в чем заключается энергетическая сторона процессов, происходящих в термоэлементе, и выясним, какие превращения испытывает энергия, падающая на термоэлемент. Вспомним для этого, что падающая на термоэлемент радиация переходит в тепло, что часть тепла уходит по металлу, в силу его большой теплопро-

¹ По этому поводу см. стр. 19.

² Под абсолютной чувствительностью индикатора понимается минимальное количество энергии, которое может быть им отмечено.

водности, что другая часть тепла переходит обратно в лучистую энергию, бесполезно рассеивающуюся в окружающее пространство, и что лишь малая доля тепловой энергии переходит в энергию термотока, часть которого снова превращается в тепло, бесполезно рассеянное в цепи. Другая часть энергии термотока идет на поворачивание рамки гальванометра, т. е. переходит в потенциальную энергию закручивания подвеса. О силе тока, пропорциональной интенсивности радиации, судят как раз по углу поворота рамки гальванометра, иначе говоря по результатам измерения потенциальной энергии закручивания подвеса, а из сказанного видно, что эта потенциальная энергия является лишь ничтожно малой долей всей энергии, падающей в виде радиации на термоэлемент. Таким образом, первой задачей, стоящей перед конструктором, является так рассчитать термоэлемент, чтобы энергия, идущая на поворачивание рамки гальванометра, была по возможности больше. Такая формулировка задачи конструктора была бы почти очевидна 10 лет тому назад; но теперь, когда измерительная техника имеет в своем распоряжении способы, позволяющие увеличивать в десятки тысяч раз сколь угодно малые повороты рамки гальванометра, на первый взгляд может показаться, что незачем заботиться об особенно хорошем использовании энергии в термоэлементе. На самом деле это заключение неверно, и потому возникает вопрос, каков минимальный угол поворота рамки гальванометра, который может еще быть измерен. Теперь мы и перейдем к изложению идей Изинга.

Известно, что электрический ток, идущий по металлическому проводнику, заключается в перемещении свободных электронов среди частиц металла. Известно далее, что эти свободные электроны, кроме движения под действием электрического поля, участвуют и в тепловом, беспорядочном движении. Выделим мысленно в нашем проводнике некоторое сечение. Благодаря тепловому движению электроны проходят через это сечение в обоих направлениях; однако, при наличии в цепи элект-

родвижущей силы, число электронов движущихся в сторону положительного полюса больше, чем в сторону отрицательного. Сила тока как раз и пропорциональна этому избытку. Однако, вследствие беспорядочности, хаотичности теплового движения электронов, этот избыток не имеет строго постоянной величины, а колеблется, флуктуирует. Отсюда можно понять, что должна флуктуировать и сила тока.

Поэтому подвижная рамка гальванометра должна находиться в непрерывном колебании, дрожании, так как идущий через гальванометр ток, из-за тепловых флуктуаций не имеет, строго говоря, постоянной силы. Если сила тока велика, то флуктуации по сравнению с ее абсолютным значением не будут заметны; если же сила тока мала, то флуктуации могут сделаться заметными, и роль их может стать даже решающей. Поэтому увеличивать малые отклонения рамки гальванометра имеет смысл лишь до тех пор, пока эти дрожания еще не сделались заметны; дальнейшее увеличение будет уже бесполезно. Таким образом, флуктуации являются естественным пределом, перешагнуть который нельзя. Пониманием этого мы обязаны Изингу.

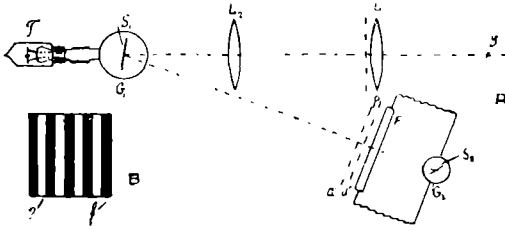
Теперь мы перейдем к одному из способов, предложенных для увеличения малых отклонений гальванометра, когда на термоэлемент падает очень слабая радиация. Мы опишем так наз. фоторэлэ.

Итак, на термоэлемент падает очень слабая радиация и указатель гальванометра отклоняется очень слабо,¹ так что это малое отклонение нельзя сколь-нибудь точно измерить.

Пусть S_1 (см. фиг. 3А) будет зеркальце, прикрепленное к рамке гальванометра G_1 , малый поворот которой нужно увеличить. На это зеркальце падает свет от источника I .

Перед линзой L помещается решетка, составленная из непрозрачных полосок

¹ Указателем является луч, отраженный от маленького зеркальца, прикрепленного к подвижной части гальванометра, к его рамке. Перемещение „зайчика“ пропорционально повороту рамки, а, значит, и интенсивности радиации, падающей на спай термоэлемента.



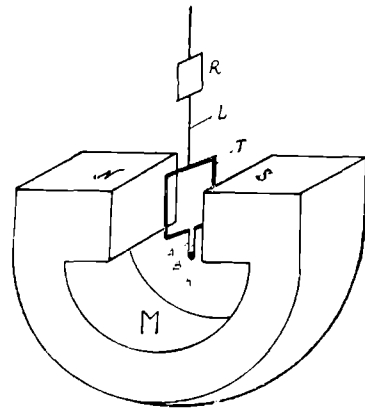
Фиг. 3.

(см. фиг. 3В). Линзы L и L_2 дают ее изображение a' в плоскости P , в которой помещается вторая, точно такая же решетка a'' . Решетка a'' устанавливается так, что ее просветы i совмещаются с изображением j непрозрачных полосок решетки a . При повороте зеркала S_1 изображение a' решетки a сместится, и через решетку a'' начнет проходить свет (аналогия: две гребенки наложены друг на друга так, что зубья первой приходятся против просветов второй и их закрывают; при смещении одного из гребешков просветы открываются). Таким образом, совершенно ничтожный поворот зеркала S_1 значительно меняет количество света, проходящего через a'' . Если на этом пути поставить фотоэлемент F (проще всего селеновый или купроксидный), то гальванометр G_2 , включенный в цепь, обнаружит ток. Ток, идущий через гальванометр G_2 , присоединенный к фотоэлементу, может быть во много тысяч раз больше тока, идущего через термоэлемент T и гальванометр G_1 . Таким образом и поворот зеркала гальванометра G_2 во много раз больше поворота первого зеркала. Единственным пределом, суживающим применимость фоторэле, являются флуктуации силы тока, идущего в цепи термоэлемента, так как они обуславливают неупорядоченные дрожания рамки первого гальванометра.

Поэтому имеет смысл применять лишь такое увеличение, чтобы флуктуации не проявлялись, ибо как только они станут заметными, дальнейшее повышение коэффициента увеличения делается уже бессмысленным. Из всего сказанного ясно, почему следует стремиться к возможно большей величине потенциальной энергии закрывания подвеса.

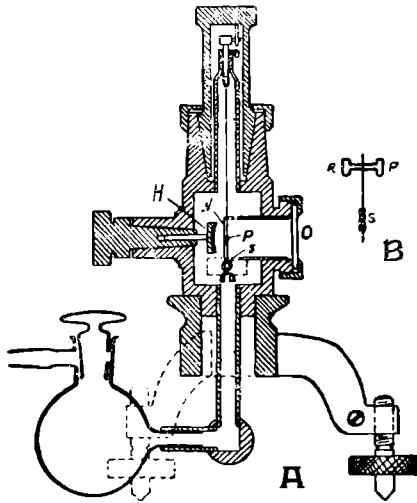
Раньше часто применялся микро-радиометр Бойса; этот прибор представляет собой по существу соединение в одно целое термоэлемента с гальванометром. Его устройство изображено на фиг. 4. В поле постоянного магнита M подвешена на кварцевой нити L замкнутая термоэлектрическая цепь T , состоящая из различных металлов A и B . Радиация попадает на спай K , нагревает его и вызывает в цепи ток. Магнитное поле, взаимодействуя с током, поворачивает термоэлектрическую цепь, которая, по существу, аналогична подвижной рамке гальванометра. Угол поворота пропорционален интенсивности радиации, падающей на спай K и измеряется с помощью зеркала R . Все вышесказанное о чувствительности может быть целиком перенесено и на микро-радиометр. Из-за малой чувствительности этот прибор постепенно выходит из употребления.

Перейдем теперь к описанию другого прибора, который обладает большой чувствительностью и часто применяется при изучении инфракрасных спектров — к радиометру. Принцип его действия за-



Фиг. 4.

ключается в том, что два очень легких крылышка $R—P$ (фиг. 5В) подвешены на тонкой кварцевой нити и помещены в замкнутом сосуде (фиг. 5А). Давление воздуха в сосуде порядка 0.1 мм. Радиация, интенсивность которой измеряется, проходит через окошко O , изготовленное из вещества, прозрачного для инфракрасных лучей, и концентрируется

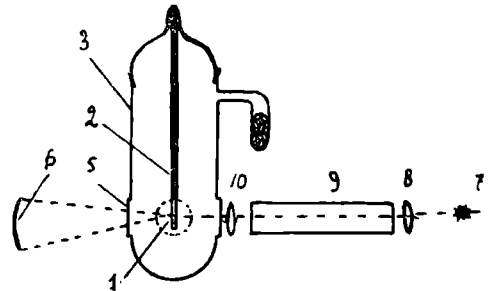


Фиг. 5.

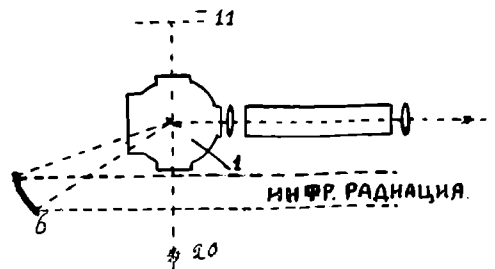
затем маленьким вогнутым зеркальцем *H* на крылышко *P*. Второе крылышко *R* играет лишь роль противовеса, служащего для соблюдения равновесия. Под действием света крылышко *P* нагревается, и около него возникает завихрение воздуха, давящее на него и закручивающее подвес. Для усиления закручивающего действия газового завихрения, перед крылышком помещается очень тонкая, прозрачная для инфракрасных лучей целлулоидная пленка *N*. К крылышкам прикреплено маленькое зеркальце *S*, в котором отражается шкала, помещенная на расстоянии 2—3 м. Наблюдая при повороте крылышка за перемещением шкалы, отражаемой в зеркальце, можно определить угол поворота крылышек и тем самым и относительную интенсивность радиации, падающей на радиометр: угол поворота ей пропорционален. Мы не станем рассматривать энергетическую сторону процессов, происходящих в радиометре; укажем лишь, что и в этом случае предел чувствительности обуславливается флуктуационными явлениями: ведь о крылышки радиометра все время ударяются молекулы воздуха, а число ударов, приходящихся о правое крылышко и о левое, о переднюю поверхность и о заднюю, никогда одинаковым не бывает, так что ясно, что крылышки будут все время совершать небольшие ко-

лебания вокруг кварцевого подвеса; это движение будет совершаться безостановочно.

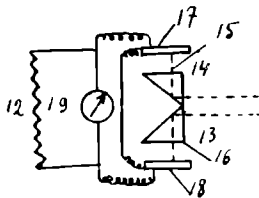
Наконец, мы перейдем еще к одному индикатору, который недавно построен в Государственном Оптическом институте. Устройство этого индикатора основано на принципе биметаллического термометра (биметаллический термометр представляет собой двуслойную пластинку; коэффициент расширения одного слоя больше, чем другой. При нагревании эта двуслойная пластинка из-за различного расширения слоев изгибается). Схема прибора изображена на фиг. 6 и 7. В стеклянном, хорошо откаченном баллоне *3*, находится кварцевая пластинка *1*, толщиной порядка 1—2 микрона, покрытая слоем висмута, примерно, той же толщины. Кварц и висмут имеют очень сильно отличающиеся коэффициенты расширения (коэффициент расширения кварца практически равен нулю). Одним своим концом пластинка приклеена к стержню *2*, другой конец ее свободен. Исследуемая радиация концентрируется через окошко *5*, изготовленное из прозрачного материала, вогнутым зеркалом *б*.



Фиг. 6.



Фиг. 7.



Фиг. 8.

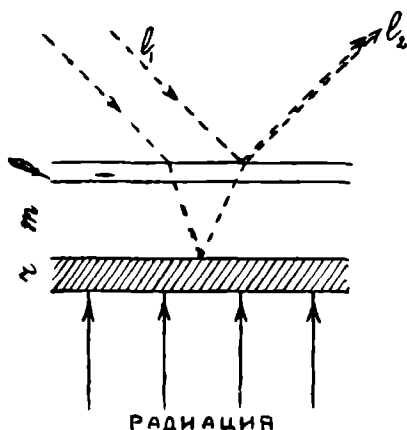
Под действием радиации пластинка нагревается и изгибается. Изгиб пропорционален интенсивности радиации и измеряется с помощью особого фотоэлемента, устройство которого заключается в следующем. Свет, идущий от лампочки 7, собирается линзой 10 в параллельный пучок и проходит через водяной фильтр 9, задерживающий тепловые лучи, чтобы избежать ненужного нагревания. Двуслойная пластинка 1 повернута по отношению к оптической оси системы под углом в 45° , так что часть света, идущего от источника 7, отражается в перпендикулярном направлении. Отражение происходит от зеркального слоя висмута, прилегающего к кварцу. Линза 10 дает изображение источника света 7 — раскаленной спирали — в плоскости 11; ось спирали горизонтальна. Это изображение падает на две призмы 13 и 14 (фиг. 8, составленные своими ребрами. Таким образом, через грани 15 и 16 выходят два пучка света, которые падают затем на селеновые фотоэлементы 17 и 18, включенные навстречу друг другу через гальванометр 19. Призмы вместе с фотоэлементами можно, с помощью приспособления, не указанного на чертеже, так установить, чтобы фототоки компенсировались. Когда на двуслойную пластинку падает радиация, пластинка нагревается и изгибается, изображение светящейся спирали смещается, компенсация нарушается, возникает фототок, и гальванометр дает отклонение. Этот ток пропорционален смещению изображения источника света, а смещение — повышению температуры пластинки, а следовательно, и интенсивности падающей радиации. Подсчет и эксперимент показали, что для описанного индикатора отношение

$$\frac{\text{потенциальная энергия изгиба пластинки}}{\text{энергия падающей радиации}}$$

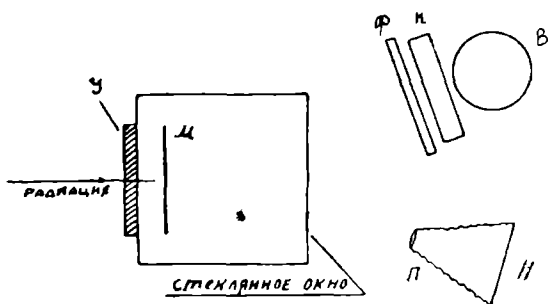
выше, чем для радиометра, а потому и чувствительность его больше. Укажем теперь чувствительность трех рассмотренных индикаторов. Она характеризуется следующими данными. Перемещение „зайчика“, вызванное свечей Гейзера, помещенной на расстоянии 1 м от индикатора, рассчитанное на 1 кв мм воспринимающей поверхности, будет равно: для случая наиболее чувствительного термоэлемента — примерно 40 мм, для радиометра — около 65 мм, и для индикатора Оптического института — примерно 3000 мм.

В заключение нашего обзора мы остановимся на проблеме фотографирования инфракрасных спектров. В начале статьи было указано, что инфракрасные лучи не действуют на фотографическую пластинку. Говоря строго, на нее не действуют лучи, длина волны которых больше 1.2μ . Для более коротких лучей соответствующие фотографические процессы теперь уже найдены. Недавно Черни и Вилленберг предложили способ фиксирования инфракрасного излучения; их способ принципиально отличен от фиксирования, основанного на химическом действии света, и может быть применен к инфракрасным лучам любой длины волны. Идея Черни и Вилленберга заключается в следующем.

Представим себе очень тонкую целлулоидную мембрану (толщину меньше 1μ); одна сторона мембраны зачернена тонким слоем сажи, а другая — покрыта тонким слоем жидких погонов нефти. Мембрана заключена в откачанный сосуд, в котором находятся насыщенные пары этих же погонов; пар и жидкость находятся в равновесии. Если осветить инфракрасной радиацией часть зачерненной поверхности мембраны, то освещенное место нагреется, так как сажа хорошо поглощает падающий на нее свет, а на противоположной стороне мембраны нагреется и соответствующий участок слоя жидкости; жидкость испарится, и толщина ее слоя в этом месте уменьшится. Это уменьшение нужно теперь сделать заметным, и зафиксировать; тем самым будет установлено, как распределяется по поверхности мембраны падающая на нее радиация. Авторы описываемого способа



Фиг. 9.



Фиг. 10.

пошли следующим путем. Пусть фиг. 9 изображает сечение мембраны: r — слой сажи, f — слой жидкости; пусть далее в направлении l_1 на мембрану падает белый свет, идущий от источника, помещенного слева от мембраны, и не показанного на чертеже. При рассматривании в направлении l_2 мембрана будет казаться окрашенной; это будет происходить из-за интерференции лучей, отраженных от передней поверхности слоя жидкости и от задней поверхности мембраны (так наз. цвета тонких пленок). При испа-

рении жидкости толщина ее слоя уменьшается, и вследствие этого изменяется интерференционная окраска того места, где произошло испарение. Если на пути света поместить светофильтр, пропускающий свет лишь одного цвета, то будет меняться не окраска, а яркость. В тех местах, где произошло значительное испарение, яркость изменится сильно; там же, где испарение было слабым, яркость изменится мало. Теперь остается на пути l_2 поставить обычную фотографическую камеру, сфотографировать мембрану и таким образом зафиксировать, как ложится на сажу, на заднюю сторону мембраны, инфракрасная радиация. Схема прибора Черни и Вилленберга изображена на фиг. 10. Исследуемая радиация проходит через прозрачное окошко I (например, из каменной соли) и падает на зачерненную сторону мембраны M . Свет лампы B проходит через слой K воды. Этот слой поставлен, чтобы задержать тепловые лучи и устранить излишнее нагревание мембраны. Затем свет проходит через фильтр Φ и падает на мембрану со стороны жидкости. Фотографический аппарат Π служит для окончательного фиксирования, уже на обычной пластинке H , инфракрасного изображения, спроектированного на заднюю зачерненную сторону мембраны и проступающего в виде интерференционной картины на ее передней стороне. Вилленбергу и Черни удалось описанным способом зафиксировать некоторые спектры, лежащие в области до 6μ . Метод этих авторов, к сожалению, непригоден для количественных исследований и потому не сможет заменить приборов, описанных выше. Однако, нет сомнения, что есть ряд задач, когда способ Черни и Вилленберга сможет принести очень большую пользу.

НОВЫЕ ИДЕИ В ОБЛАСТИ ХИМИИ ВОДЫ

Э. Х. ФРИЦМАН

За последнее время на долю неорганической химии выпал ряд неожиданных открытий, среди которых особенно замечательно выделение нового изотопа водорода и нового рода воды. Предвидеть все последствия этого удивительного открытия довольно трудно; несомненно только, что они должны быть весьма серьезными для всего естествознания.

Вода и водные растворы являются основой жизни на нашей планете как в мертвой, так и в живой природе. С незапамятных времен человек осознал ее значение: в древнейших космогонических учениях солнцу и воде отводится самое главное место. Так, например, в Египте, вся жизнь и процветание страны зависят исключительно от разливов реки Нила; в связи с этим обстоятельством естественно возник взгляд, что вода является творцом и что из воды произошла вся материя. Греки, знавшие египетскую культуру, однако, придерживались учения о четырех началах или элементах (огонь, вода, воздух и земля). Это учение было дано Аристотелем в виде стройной системы и, как известно, пользовалось исключительным успехом и авторитетом в течение двух тысяч лет.

Замечательно красиво описание воды у Плиния в третьей книге его *Historia naturalis*: „Провидение вложило в волны, в приливы, в быстрое течение бесконечную силу; мы должны, принимая в соображение господство этого элемента (т. е. воды), знать, что нигде и ни в чем его сила не проявляется в большей степени. Вода поглощает землю, тушит огонь, поднимается в высоту; завладевает небом, как местом своего жительства, образует облака, которые похищают у людей жизнь... Что может быть удивительнее воды, парящей в небе... Когда вода спускается вниз, то она является причиной всего растущего на земле. Это дает право вывести заключение, что все силы на земле исходят от воды“.

Совершенно ясно сознавалось в древности и в средние века также огромное значение явлений растворения при различных природных процессах; о чем свидетельствует изречение: *corpora non agunt, nisi fluida* (тела взаимодействуют лишь в жидком виде). Вся алхимия была построена на растворении (*liquefactio*).

Насколько важно значение воды и водных растворов для химии, показывают слова двух известных химиков, Морво (современника Лавуазье) и Вальдена. Первый говорит: „вся теория химии заключается в двух словах: притяжение и равновесие, а вся практика сводится к двум словам: растворение и кристаллизация, ибо в химии все растворение; второй: „история развития учения о растворах — это зеркало, в котором отразилось в уменьшенном виде в исторической и логической последовательности все развитие химии“.

Великие реформы в области химии в конце XVIII в. приносят с собою и переворот в воззрениях на химическую природу воды и водных растворов; элементарное начало — вода, является не простым, а сложным веществом: Кэвендиш синтезирует ее из водорода и кислорода, а Лавуазье разлагает ее на составные части — на те же водород и кислород, определяя при этом их количественные соотношения.

Параллельно с этим закладываются фундаменты для трех основных теорий растворов: Бурхавом (1732) для химической теории Менделеева, Гей-Люссаком (1839) для кинетической теории Вант-Гоффа и Гротгусом (1805) для ионной теории Аррениуса.

В середине XIX в. интерес к воде снова начинает усиленно проявляться. Нейтральность воды, не соответствующая положению кислорода в периодической системе, давно привлекала к себе внимание исследователей. Берцелиус уже указывал, что вода реагирует со щело-

чами как кислота, а с кислотами — как щелочь. Такой амфотерный характер воды можно было объяснить допущением, что вода либо состоит из двоякого рода частиц, из которых одни кислотного, другие щелочного характера, либо обладает способностью легко переходить из одной модификации в другую. К этому необходимо добавить, что Лоран и Жерар, современники Берцелиуса, совершенно случайно установили понятие гидроксила, стремясь объяснить функции уксусной кислоты, для которой в то время была химическим путем определена и выделена молекулярная формула $C_2H_4O_2$; позже физические методы указали на существование удвоенной молекулы $C_4H_8O_4$, для которой уже не требуется половинная молекула воды, а целая молекула.

1. Учение о структурно-разнородных формах воды. К концу XIX столетия началось усиленное изучение свойств льда, шедшее двумя путями — кристаллографически и химически, и привело к открытию ряда разновидностей льда.

Рентген⁽¹⁾ (1892) указал на то, что аномалии воды происходят лишь от существования двух видов молекул воды с различными молекулярными объемами и свойствами, и рассматривал воду как раствор молекул льда (H_2O) в жидкой воде. Ван-Лаар⁽²⁾ пытался вычислить степень ассоциации воды, в то время как Дюкло⁽³⁾ (1911) определил для нее формулу $(H_2O)_3$, а Деннисон⁽⁴⁾ — $(H_2O)_2$.

Одновременно с этим Норденшельд⁽⁵⁾, а затем Барендрехт⁽⁶⁾ (1896) открыли ряд кристаллографически различных видов льда. К ним примыкают исследования других авторов, подробный обзор которых можно найти у А. Добровольского⁽⁷⁾ (1917).

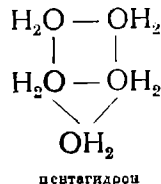
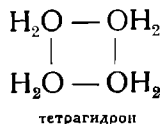
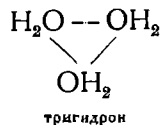
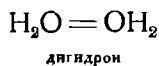
Совершенно исключительное положение занимает чрезвычайно важное и интересное наблюдение канадского ученого Кокса⁽⁸⁾ (1904) относительно образования льда, который тяжелее воды и медленно садится на дно сосуда (искусственное образование донного льда?). Этот случай дробной кристаллизации остался без внимания и совершенно неизвестным. Единственный раз

этот опыт повторен и точно описан у А. Н. Шоу⁽⁹⁾ (1925).

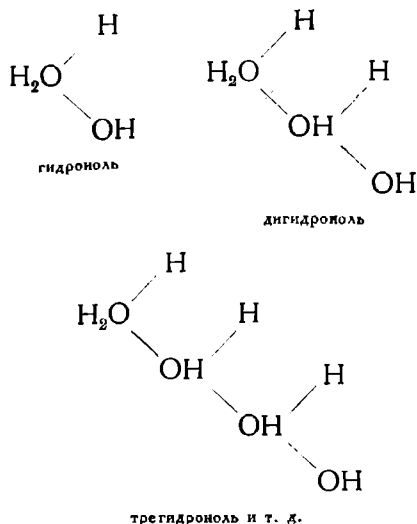
Целую эпоху в изучении природы воды составляют работы Армстронга (1905—1911), Таммана (1909—1914), Бриджмена (1912—1914), Рамзая и Шильдса и др.

1. Армстронг⁽¹⁰⁾ (1906) на основании своих обширных работ по электропроводности растворов и исследований природы водных растворов, приходит к выводу, резко отличавшемуся от господствовавшего в то время воззрения Аррениуса, а именно: электролиты показывают эффекты не только диссоциации, но и притяжения с молекулами воды. В обыкновенной воде существует равновесие $(H_2O)_n \rightleftharpoons n H_2O$, где n имеет несколько значений, так как в воде содержится несколько форм (более двух); введение вещества (растворение) нарушает его равновесие, вызывая образование основных или простых молекул, воды, так наз. монад, обладающих наибольшей силой сцепления или сродства; такое нарушение равновесия вызывает изменение электропроводности и осмотического давления.

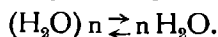
Исходя далее из аномальных свойств воды, периодичности элементов и аналогии с органическими соединениями, Армстронг дает свою структурную теорию для воды: основная молекула воды (монада) имеет кетонный характер и носит название гидрона. Ассоциация молекул или полимеризация воды становится тогда понятным, если иметь в виду наличие сил притяжения в монаде. В этом случае мы имеем:



При этом гидронная молекула может полимеризоваться иначе, давая начало ряду гидрольных молекул.



Вода при всех условиях является насыщенной гидронами и тем больше, чем выше температура. При низких температурах вода должна содержать некоторое количество молекул льда в виде раствора (судя по вязкости). На насыщенность воды полигидронами указывает очень высокая температура кипения воды по сравнению с летучими низкополиметиленовыми углеводородами: она соответствует более всего пентагидронному случаю, как наиболее устойчивому. С точки зрения Армстронга вполне понятно образование гидратов самой разнообразной устойчивости и самого разнообразного состава в зависимости от температуры, концентрации раствора и степени нарушения равновесия



Эти забытые воззрения Армстронга в ближайшем будущем вероятно приобретут очень важное значение в связи с тем фактом, что от первоначальной теории электролитической диссоциации Аррениуса ничего не сохранилось, кроме учения о ионах, но существующих уже в самом электролите помимо растворов.¹

¹ Кроме Армстронга в Англии, Каленберг в Америке и Траубе в Германии были и остались

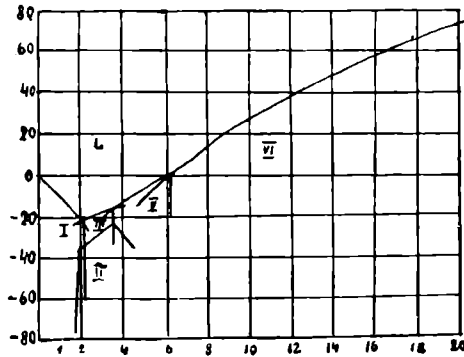
2. Немного позже Г. Тамман⁽¹¹⁾ (1909) приходит к определенным заключениям относительно молекулярного веса различных видов льда. Далее он открывает лед IV, который немного плотнее льда I, устанавливает свою теорию полиморфизма, а также соотношение между четырьмя разновидностями льда. Тамман⁽¹²⁾ (1911) исходит из того положения, что формы различных групп кристаллов могут образоваться лишь из ассоциированной жидкости и лишь из тех молекул, которые как таковые в ней существуют.

В итоге своих изысканий Тамман⁽¹³⁾ (1913) приходит к выводу, что на объемных поверхностях воды (льда) содержатся следы шести видов молекул, тогда как известно всего пять групп льда; шестая молекулярная разновидность может образовать кристаллы лишь при очень высоких давлениях и при относительно-высоких температурах. Вода с увеличением давления беднеет в отношении полимолекул: лед III, кристаллизующийся из воды под давлением, должен был бы состоять из простых молекул.

Бриджмен⁽¹⁴⁾ (1912), изучавший образование льда при давлениях до 12 000 кг, подтвердил существование льдов I, II, III, но не IV, и сверх того открыл лед V и VI, причем последний ведет себя совершенно иначе и может существовать при температуре выше 0° при соответствующем давлении.

Между Тамманом⁽¹⁵⁾ и Бриджменом⁽¹⁶⁾ возникла полемика по вопросу о существовании постоянных разновидностей льда. При повторении своих опытов Тамман нашел (1913) существование

противниками теории Аррениуса; - их исследования и выводы не могли опрокинуть теории Аррениуса, но и последние не могла опровергнуть учения первых. Менделеев считал теорию Аррениуса „вообще не отвечающей действительности“ и что „существование диссоциации и ассоциации необходимо будет признать для понимания растворов“. Действительно, закон разбавления Оствальда правилен лишь для очень разбавленных растворов и для слабых электролитов. Весьма возможно, что здесь играет роль величина перемещения армстронгова равновесия, которое до сих пор вообще не учитывалось при изучении природы растворов, хотя возможность его ныне допускается Сээрлендом, Льюисом, Макбенем и др.



Фиг. 1.

пяти форм льда (при давлениях 2000—2500 кг): совершенно устойчивых льдов I, II, III и неустойчивых, хотя довольно постоянных льдов I и III; кроме того, он наблюдал образование других, но редких форм льда; разновидности льда Норденшельда и Барендрехта он относит к группе I. В итоге Тамман считает возможным существование семи групп льда.

Бриджмен⁽¹⁷⁾ (1914) в своих дальнейших опытах доводил давление до 20 000 кг и нашел еще два новых вида льда, притом более плотных, чем вода.

В общем работы Таммана и Бриджмена с несомненностью доказали, что вода не является однородным веществом, а представляет собою смесь в различной степени ассоциированных молекул, содержащую в себе по крайней мере от шести до восьми видов полимерных молекул, находящихся между собою в состоянии равновесия.

Рассматривая далее кривую плавления льдов на диаграмме Бриджмена (фиг. 1), необходимо допустить наличие в воде двух разновидностей: 1) воды, соответствующей льду I, для которой кривая плавления падает с повышением давления, что характерно для тел, у которых переход в жидкое состояние сопровождается расширением объема;¹ 2) воды, соответствующей льдам III,

V и VI, для которой кривая плавления повышается с увеличением давления, что типично для тел, переход которых в жидкое состояние сопровождается сокращением объема.

К сожалению, опыты производились в различных условиях и не были проверены противоположной стороной. Повидимому Тамман не смог вторично получить льда IV, так как в дальнейшем умалчивает о нем; но нет сомнения, что он наблюдал его образование. Это возможно объяснить лишь тем, что при повторении своих опытов Тамман пользовался водой другого происхождения.¹

Учитывая существование нескольких групп льда и то обстоятельство, что кривая плавления льда заметно падает с давлением, а кривая плотности отстает от первой, А. И. Горбов⁽¹⁸⁾ вывел заключение, что пересечение названных кривых (вследствие непараллельности) указывает на неоднородность воды и что вода должна состоять по крайней мере из двух разных компонентов и предложил разделить их путем дробной кристаллизации, т. е. более тяжелую воду от более легкой.²

Итак, в начале XX в. среди химиков сложилось вполне определенное убеждение, что вода является сложной и переменной смесью. Это убеждение сложилось на основании целого ряда фактов, как вывод из них, но не хватало прямых доказательств. Совершенно неожиданно за последние два года появился ряд прямых и несомненных доказательств сложности и неоднородности воды из совершенно другой области, а именно из области спектроскопии и изотопии.

3. На основании соображений математического характера и ряда данных, полученных при изучении спектров воды и преломления рентгеновых лучей

¹ Характерной иллюстрацией может служить тот факт, что в Геттингене, по рассказам очевидцев, существует источник, которым пользовался преимущественно Э. Бишоф, мотивируя это тем, что вода из него гораздо чище дистиллированной воды.

² Не имея в своем распоряжении средств и лаборатории, А. Горбов предложил это сделать Главной Палате мер и весов; там отнеслись к этому скептически. Лишь в этом году им начата там же работа по разделению предполагавшихся разновидностей воды.

¹ Действительно, по данным Бриджмена только лед I легче воды (на 10—13,5%), остальные же плотнее воды: лед III — на 3% относительно воды; лед II — на 22% плотнее льда I; лед V — на 5,5% плотнее льда III, и на 6% плотнее воды; лед VI — на 4% относительно льда V и на 9,5% относительно воды.

в воде, Бэрнель и Фоулер⁽¹⁰⁾ (1933) разработали новое учение о полиморфных формах воды.

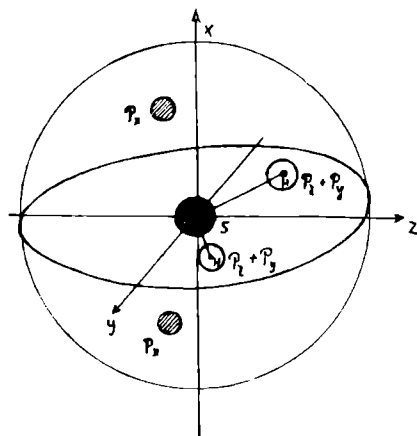
В воде имеются тройного рода основные формы расположения молекул воды: 1. ледотридимитообразная — вода I, более редкая и существующая в известной степени при низких температурах, ниже 0° ; 2) кварцеобразная — вода II, преобладающая при обыкновенных температурах, примерно между $0-200^{\circ}$ и 3) аммониеобразная, т. е. плотная упаковка идеальной жидкости, — вода III, преобладающая при высоких температурах, между $200-340^{\circ}$, немного не доходя до критической температуры воды (374°).

Упомянутые формы непрерывно переходят друг в друга при изменении температуры. Вода не представляет смеси объемов с различными структурами; при всех температурах жидкость является гомогенной, но средние взаимные расположения молекул напоминают в большей или меньшей степени воду I, II или III.

Ряд воды I—II—III является в то же время рядом увеличения ротационного и трансляционного молекулярного движения, а также рядом последовательного уменьшения дипольных сил сцепления жидкости и относительного роста Ван-дер-Вальсовой компоненты; в той же последовательности протекает увеличение текучести, но не увеличение объема.

Непосредственный эффект распада (разрушения) относительно пустой (неплотной) ледообразной структуры воды I заключается в уменьшении объема при переходе к воде II, которое сопровождается одновременным повышением количества более нормальной формы, — воды III; в последнем случае увеличение главного расстояния между соседними молекулами вызвано скорее термическим возбуждением, чем стремлением компенсировать геометрическое сжатие, образующее место при переходе от кварцеобразной к плотно упакованной структуре.

Тридимитообразное расположение молекул, обычно присуще переохлажденной воде; его исчезновение и является причиной аномального сжатия воды при нагревании выше 0_0 . Так как эти ано-



Фиг. 2. Распределение электронов в молекуле воды.

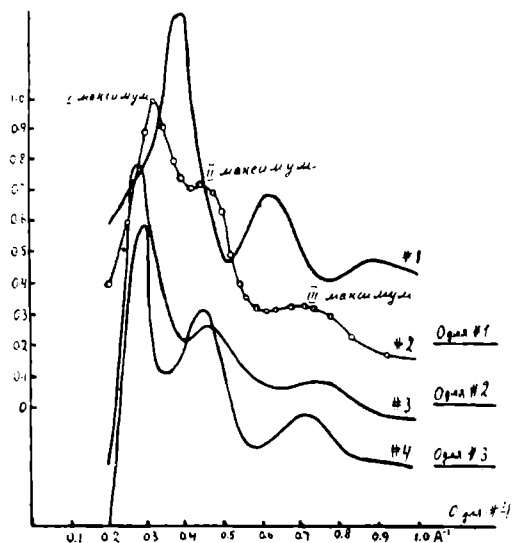
мальные изменения объема мало сравнивались с изменением ледяной воды, то можно лишь сказать, что холодная вода в целом построена кварцеобразно, с заметным тридимитообразным уклоном.

Все эти соображения приложимы и при изучении отношения воды к давлению.

Каковы же реальные обоснования этого нового учения? Рамановы и инфра-красные абсорбционные спектры с очевидностью указывают на то, что молекулы воды не отличаются от молекул водяного пара, за исключением молекул незначительной деформации.¹ Исследования же Мекке (1932) по полосатым спектрам показали, что молекулы водяного пара имеют V-образное расположение ядер, причем расстояния гидроксидов равны 0.96 \AA и угол НОН равен $103-106^{\circ}$, т. е. близок к тетраэдрическому углу 109° ; радиус молекулы воды составляет 1.38 \AA . Распределение сети электронной плотности, согласно Мулликену (1932), похоже на тетраэдр, с двумя отрицательно и с двумя положительно заряженными вершинами (фиг. 2).

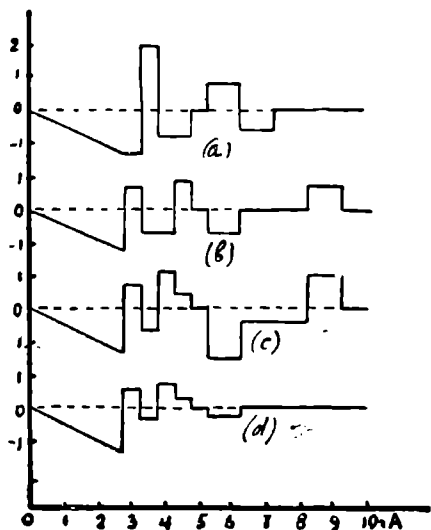
Но на основании приведенных данных и на основе знания структуры простой одноатомной жидкости, как, напр., ртути, невозможно вывести строения молекул

¹ В основе лежит положение, что чистая вода состоит из молекул H_2O , если не считать крайне медленной и незначительной естественной ионизации воды.



Фиг. 3. Кривые рассеяния рентгеновых лучей: кривая 1 — теоретическая для жидкости с неправильной плотной упаковкой; 2 — опытная кривая для воды; 3 — теоретическая для кварцеобразного расположения молекул; 4 — теоретическая для ледотридимитовобразного распределения молекул.

воды, в виду аномалий последней и крайней ассиметричности и электрополярности ее молекул. Дальнейшие подробные указания насчет внутреннего

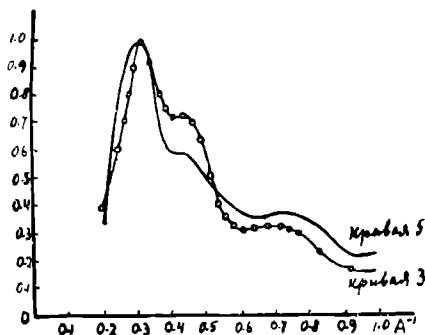


Фиг. 4. Распределение функции $g(r)$ для соседей, расположенных вокруг одной молекулы воды (при кратчайшем расстоянии сближения в 2.76 Å) для различных типов расположения молекул.

строения молекул воды дают нам кривые преломления и рассеяния рентгеновых лучей (фиг. 3).

Не вдаваясь в подробное обсуждение приведенной диаграммы, укажем лишь, что уже по самому чертежу кривых интенсивности рентгенорассеяния видно, что по характеру и положению трех максимумов кривая (3) весьма походит на кривую (2) для воды; затем очень похожа на нее и кривая (4), но весьма резко отличается от нее кривая (1). Последнее обстоятельство безусловно доказывает, что внутренняя структура воды отличается от структуры нормальных жидкостей и ближе всего подходит к кварцеобразной, т. е. четырехкоординатной тетраэдрической (ср. фиг. 6).

Еще лучше эти взаимоотношения выступают на моделях распределения функций молекул, напр. $g(r)$ (фиг. 4).¹



Фиг. 5. Кривые рентгенорассеяния для воды: 2 — экспериментальная, 5 — теоретическая для кварцеобразной воды, видоизмененная в связи с некоторым наличием плотной упаковки.

На основании этих моделей можно с помощью соответственных формул вывести теоретическое преломление и рассеивание (дисперсию) рентгеновых лучей и сравнить их с опытом, как это сделано на диаграмме фиг. 5.

Последняя диаграмма показывает почти полное совпадение теоретической кривой с экспериментальной; различие лишь в интенсивности: второй максимум без сомнения ниже. Эта разница между идеальной кварцеобразной структурой и действительной структурой воды обу-

¹ Функция $g(r)$ позволяет находить центр некоторой молекулы между расстояниями r и $r + dr$ от центра данной молекулы.

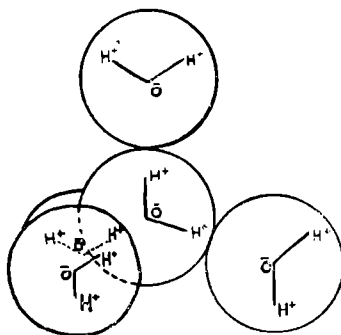
словливается температурным движением молекул, следствием которого является распад или разрушение кварцеобразной структуры, т. е. растущий переход к плотно упакованной структуре идеальной жидкости.

Движение главного максимума во внутрь и углубление первого минимума при более низких температурах (2°) связано с появлением в воде ледотригмитообразной структуры, преобладающей в переохлажденной воде; ее исчезновение при нагревании выше 0° и есть причина аномального сжатия воды (до 4°).

Такую же картину аналогичных соотношений дает раманов спектр воды: он состоит из трех полос при $\Delta\nu = 3216$, 3435 и 3582, вполне отвечающих фундаментальной частоте $\nu = 3700$ молекулы воды, найденной из инфра-красной абсорпции водяного пара; при этом полосы спектра у воды, в отличие от других жидкостей, настолько широки, что почти полностью находят одна на другую; последнее обуславливается эффектом местных диполей, являющихся аномальным и вместе с тем отличительным признаком для воды.

Далее в рамановом спектре льда линии, отвечающие полосам воды, появляются при $\Delta\nu = 3193$, 3391 и 3549, что указывает на одинаковый в обоих фазах эффект соседних молекул на окружаемую ими молекулу и на сходство между внутренней структурой льда и воды, т. е. она четырехкоординатная тетраэдрическая. Эта координация не прочна и стремится распасться при более высоких температурах: преобладающей линией для льда является линия 3200, в холодной воде — линия 3400, в горячей воде — линия 3600. Другими словами ослабление линии 3200 служит параллельным указанием (соответственно максимуму при 2.2 \AA на кривых рассеяния рентгеновых лучей) на начало перехода к плотно-упакованной структуре.¹

Что касается структуры льда, то рентгенографические определения поло-



Фиг. 6. Тетраэдрическая координация молекул воды: четыре молекулы окружают одну центральную; две из них на плоскости чертежа, одна позади, другая впереди этой плоскости.

сатых спектров относительно молекулярной структуры воды приводят к первоначальному quasi-тетраэдрическому распределению молекул (фиг. 6.).

Но такая координация не имеет тригональной симметрии. Простейшей, физической возможной структурой, еще обнаруживающей тригональную симметрию и в то же время относящейся к полярному классу,¹ является для льда структура фиг. 7.

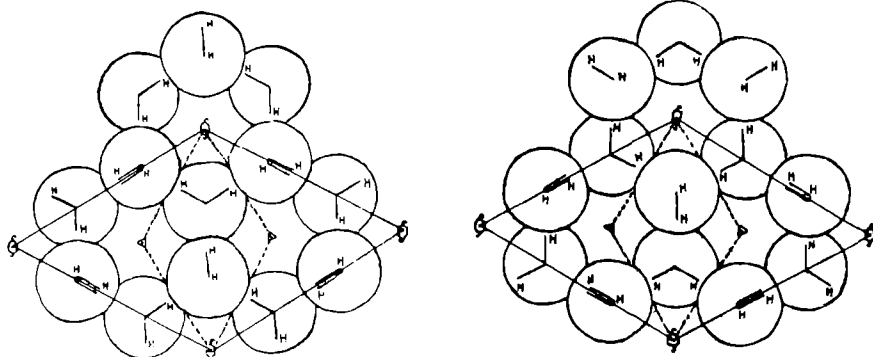
Принимая в соображение все вышесказанное, а также все аномальные свойства воды, можно с уверенностью сказать, что из всех жидкостей с аналогичной воде электронной структурой лишь для одной воды возможно тетраэдрическое распределение молекул, при котором она подражает ионной структуре кварца (фиг. 8).

Эти структурно-геометрические представления о воде дают возможность вывести чисто теоретическим путем ряд свойств воды и ионных растворов, в полном согласии с опытом, притом частью количественно, частью качественно.

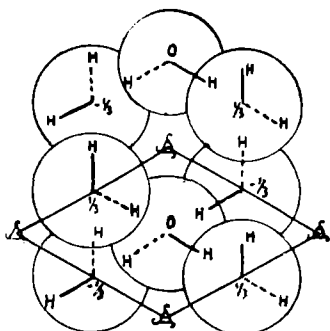
Вопрос о неоднородности химического состава воды в связи с открытием тяжелой воды и изотопа водорода составляет предмет следующей статьи и потому здесь не рассматривается.

¹ Попытка отождествлять названные линии спектра с соответствующими структурами преждевременны и ни на чем не основаны.

¹ Работа Адамса (1930) указывает, что полярный класс является правильным классом, хотя часто маскируется смещениями по основной плоскости.



Фиг. 7. Структура льда — вид по гексагональной оси.



Фиг. 8. „Кварцевая“ структура воды.

Подводя итоги всему сказанному, следует отметить, что вода не является определенным химическим индивидуумом, а представляет собою смесь легкой и тяжелой воды и сложную равновесную систему разновидностей, отличающихся по своей структуре. В связи с этим возникает целый ряд вопросов, относящихся к химии и биологии: отношение разновидностей к химическим реакциям, к явлениям жизни, их усвоение и т. д. Несомненно, что одни структурные разновидности более распространены в природе и к ним приспособились живые организмы; следовательно, температурный режим земли, в разные геологические эпохи различный, является с этой точки зрения весьма важным фактором в появлении и развитии определенных видов организмов.

Применение спектрального анализа и изучение различных спектров воды только лишь началось; дальнейшее развитие работ в этом направлении принесет много новых данных и сильно расширит наши познания относительно такого простого химического соединения, как вода, о котором мы до сих пор почти ничего определенного не знали.

Литература

1. Röntgen. Wiedemann's Ann. **45**, 91, 1892.
2. Van Laar. Ztschr. f. phys. Ch. **31**, 1, 1889.
3. J. Duclaux. C. R. **152**, 1387, 1911.
4. D. Dennison. Phys. Rev. **17**, 20.
5. Nordenskjöld. Ann. d. Phys. (2), **114**, 615.
6. Barendrecht. Ztschr. f. phys. Ch. **20**, 240, 1896.
7. A. B. Dobrowolski. Arkiv f. Kemi, Min. och geol., 6. (7), 1—53, 1917.
8. Cox. Proc. Trans. Roy. Soc. Canada, 10, Sekt. III, 1904.
9. A. Shaw. Proc. Trans. Roy. Soc. Canada (3) 18, Sekt. III, 187, 1924.
10. Armstrong Chem. News. **103**, 97, 1911.
11. Tammann. Ztschr. f. anorg. Ch. **63**, 285, 1909. Ztschr. f. phys. Ch. **69**, 569, 1910.
12. Tammann. Ztschr. f. phys. Ch. **72**, 609, 1911. Nachricht. K. Ges. Wiss. Göttingen, 1911, 325. Ztschr. f. Elektroch. **17**, 745; Ann. d. Phys. (4), 2, 1 и др.
13. Tammann. Ztschr. f. phys. Ch. **84**, 257, 293, 1913.
14. Bridgman. Ztschr. f. anorg. Ch. **77**, 377, 1912.
15. Tamman. Ztschr. f. phys. Ch. **88**, 57, 1914.
16. Bridgman. J. Franklin Inst. **177**, 315, 1914.
17. Bridgman. Ztschr. f. phys. Ch. **86**, 513, 1914; **89**, 252.
18. А. Горбов. Частное сообщение.
19. J. Bernal a. R. Fowler. J. Chem. Phys. **1**, 515, 1933.

ТЯЖЕЛЫЙ ВОДОРОД И ТЯЖЕЛАЯ ВОДА

В. И. ЧЕРНЯЕВ

Изотоп водорода, открытый в 1932 г., представляет по сравнению со всеми другими изотопами особый интерес. Этот интерес обуславливается, во-первых, тем, что ядро изотопа водорода представляет собой самое простое после протона (ядра обычного водорода) ядерное образование и, во-вторых, громадной относительной разностью в массах изотопов водорода. В самом деле, если до сих пор наиболее отличными в смысле отношения масс являлись изотопы лития Li^6 и Li^7 , где отношение масс равно 7:6, то для изотопов водорода то же отношение равно 2:1. Ясно, что, благодаря этому, изотопы водорода должны сильнее различаться по своим физическим свойствам, чем два каких-либо других изотопа.

Предположение о существовании тяжелого изотопа водорода было впервые высказано на основании значения атомного веса водорода.

Химические методы определения атомного веса элементов дают всегда лишь средний атомный вес смеси изотопов данного элемента, который совпадает с истинным его атомным весом, лишь когда элемент простой, т. е. не имеет изотопов. Как известно, веса отдельных изотопов могут быть определены с помощью масс-спектрографа Астона. Метод Астона показал, что атомные веса изотопов несколько отличаются от целых чисел. Эти отступления, так наз. дефекты масс, объясняются следствием теории относительности об эквивалентности массы и энергии. Каждое ядерное образование, если оно устойчиво, должно было образоваться с потерей некоторого количества энергии ΔE , а, значит, по принципу эквивалентности, потерей части Δm общей массы составляющих систему частей. Дефект массы Δm характеризует устойчивость ядра данного

атома и определяется по формуле $\Delta m = \frac{\Delta E}{C^2}$, где C — скорость света.

Пока метод Астона не был доведен до высокой степени точности и уступал химическим способам определения атомных весов, могло существовать сомнение в экспериментальном подтверждении существования дефекта масс, и можно было объяснять отступления от целых чисел, атомных весов определенных химически, лишь существованием изотопов данных элементов. Например, то, что атомный вес кислорода не есть целое кратное атомного веса водорода можно было бы объяснить существованием изотопов у водорода, или у кислорода, или одновременно у обоих элементов.

В 1919 г. Штерн и Фольмер предприняли попытку обогатить водород или кислород тяжелым изотопом, если таковой у того или другого элемента имеется. Они воспользовались методом разделения изотопов при помощи диффузии газа через пористые перегородки. Так как скорость диффузии обратно пропорциональна корням квадратным из масс частиц, то следовало ожидать обогащения тяжелым изотопом остатка, не продиффундировавшего через перегородки, и легким — продиффундировавшие порции. Хотя этот метод в применении к разделению заводом имеющихся изотопов хлора, дает положительные результаты, но остатки и продиффундировавшие порции кислорода и водорода в описываемом опыте не дали заметного изменения плотности. Поэтому Штерн и Фольмер пришли к выводу, что кислород и водород являются элементами простыми и заключили, что отличие атомного веса кислорода от целого кратного атомного веса водорода объясняется исключительно дефектом массы.

В 1927 г. Астон произвел точное определение атомного веса водорода. Он получил значение атомного веса водорода в кислородной шкале (в которой атомный вес кислорода принимается равным 16.0000) равным $1.00778 \pm \pm 0.00015$ (указывается предел ошибки; последняя может быть на самом деле значительно меньшей). В то же время атомный вес водорода, определенный химически, по наиболее точным измерениям, есть 1.00777 ± 0.00002 (здесь 0.00002 есть возможная ошибка измерений).

Как видно, значение Астона очень точно совпадает с химическим; поэтому после 1927 г. можно было считать установленным, что водород — элемент простой, если только, в согласии с наблюдениями Астона, принимать, что кислород тоже не имеет изотопов.

Однако, в 1929 г., исследования полосатого спектра кислорода показали, что кислород состоит из смеси изотопов с массовыми номерами: 16 (в подавляющем количестве), 18 и 17. Изотоп O^{17} содержится в ничтожно малых количествах, и поэтому на атомный вес смеси (средний или химический атомный вес) его наличие влияет мало. Концентрация изотопа O^{18} , по наиболее точным измерениям (Мекке и Чайлдса), по отношению к O^{16} , составляет 1:630. Концентрация же $O^{17}:O^{16}$ порядка 1:3000. Вследствие малой концентрации изотопов кислорода соответствующие им линии масс-спектра настолько слабы по интенсивности, что Астон не смог их заметить. Легко видеть, что, по причине существования изотопов у кислорода атомные веса Астона и химические отнесены к разным шкалам. Действительно, единица атомных весов Астона есть $1/16$ атомного веса изотопа кислорода ($O^{16} = 16.000$); химическая же единица есть $1/16$ среднего атомного веса смеси изотопов кислорода ($O = 16.000$).

Если, приняв соотношение концентраций изотопов кислорода, данное Мекке и Чайлдсом, выразить единицу Астона для атомного веса через химическую, то получим $A_{\text{Аст}} = 1.00022 A_{\text{хим}}$.

30 Пользуясь множителем перевода 1.00022, можно астоновские значения

атомных весов любых элементов переводить в химические и обратно.

Если, таким образом, значение атомного веса водорода, данное Астоном, привести к химической шкале, то получим 1.00756, что, конечно, слишком мало по сравнению с атомным весом определенным химически в той же шкале. Следовательно, совпадение атомных весов водорода по Астону и химического было только кажущимся.

Естественно это расхождение атомных весов водорода, определенных обоими способами, отнести за счет существования более тяжелого изотопа водорода количество которого настолько мало, что Астон не заметил соответствующей ему линии, и одновременно, настолько велико, что позволяет объяснить указанные расхождения. Если принять, как это делают Бёрдж и Менцель (1), что существует только один изотоп водорода с массой приблизительно в два раза большей, чем обычный (т. е. с массовым номером 2), то он должен присутствовать в концентрации $H^2:H^1 = 1:4500$.

Бёрдж и Менцель указали на возможность существования H^2 в 1931 г., а уже в январе 1932 г. в печати появилось сообщение американцев Юрея, Брикведде и Мёрфи (2) об экспериментальном подтверждении гипотезы Бёрджа и Менцеля.

В виду простоты атомного спектра водорода и вследствие значительной разницы в массах обоих его изотопов, можно было надеяться рядом с линиями любой серии спектра обычного водорода (например, бальмеровской серии) заметить линии, соответствующие изотопу H^2 . Действительно, так как массы обоих изотопов водорода отличаются вдвое, то поправки вводимые в теории Бора на так называемое „сдвигение ядра“, для обоих родов изотопов должны заметно отличаться друг от друга. Поэтому оптические термы, а, следовательно, и линии спектра для двух изотопов водорода имеют несколько различные значения. Подсчет показывает, что различие в длинах волн линий бальмеровской серии должно достигать для обоих изотопов водорода одного — двух ангстрем. Если существует еще изотоп H^3 , то он в свою очередь должен

дать отдельные линии бальмеровской серии.

Так как концентрация тяжелого изотопа в обычном водороде очень мала, то Юрей с сотрудниками предприняли попытку обогащения водорода тяжелым изотопом, заставляя жидкий водород испаряться при двух различных условиях. Во-первых, они выпаривали 6 литров водорода при атмосферном давлении, при нормальной точке кипения, и, во-вторых, две порции по 4 л, выпаривали у тройной точки, т. е. при температуре, близкой к температуре отвердевания водорода. Для этого в последнем случае пользовались пониженным давлением — всего несколько миллиметров выше давления тройной точки. Были подсчитаны упругости паров, возникающих у тройной точки для трех возможных молекул водорода: H^1H^1 ; H^1H^2 ; H^2H^2 (вероятность молекул H^2H^2 ; H^2H^3 ; H^3H^3 ничтожна). Эти упругости зависят от молекулярного веса молекул водорода и их отношение выражается следующим образом:

$$P_{11}:F_{12}:P_{23} = 1:0.37:0.29,$$

где P_{11} упругость паров над твердым водородом, состоящим из молекул H^1H^1 и т. д. Поэтому остаток от выпаривания должен быть обогащен менее подвижными изотопами. Последней порцией, оставшейся от выпаривания, наполнилась разрядная трубка, спектр свечения которой исследовался большой 21-футовой дифракционной решеткой. Кроме того, исследовался атомный спектр обычного водорода.

Если при фотографировании бальмеровской серии обычного водорода время экспозиции увеличить в 4000 раз, по сравнению с временем, необходимым для появления основных линий серии, то на местах, где должны, по вычислению, находиться линии изотопа H^2 , появляются очень слабые следы, возле линий H^1_{β} , H^1_{γ} , H^1_{δ} со стороны коротких волн. Что это не „духи“, даваемые решеткой, явствует из того, что интенсивность этих линий значительно возрастает при исследовании спектра порций водорода, полученных испарением у тройной точки (здесь появляется еще и линия H^2_{α}). Следовательно, таким

испарением достигнуто значительное увеличение концентрации изотопа H^2 . Остаток водорода, испаренного при точке кипения, не обнаружил увеличения концентрации тяжелого изотопа.

Из сравнения времен, необходимых для появления на пластинках линий H^1 и H^2 , определялась относительная концентрация изотопов. Отношение концентраций в обычном водороде, оказалось, таким образом, равным $\text{H}^2:\text{H}^1 = 1:4000$ (что хорошо сходится с предположениями Бёрджа и Менцеля), а в обогащенной порции 1:800, т. е. концентрация H^2 в этой порции оказалась в 5 раз больше, чем в обычном водороде.

Никаких следов линий третьего предпологавшегося изотопа H^3 на вычисленных для них местах не оказалось, что указывает на то, что, если он и присутствует, то в весьма незначительном количестве.

Скоро после этого Бликней (3) подтвердил существование изотопа водорода массового номера 2 при помощи сконструированного им масс-спектрографа, приспособленного для низких давлений. Для обогащенной порции, полученной Брикведде испарением жидкого водорода у тройной точки, Бликней определяет, что концентрация иона $(\text{H}^1\text{H}^2)^+$ относительно иона $(\text{H}^1\text{H}^1)^+$ равна 1:550; отсюда концентрация $\text{H}^2:\text{H}^1 = 1:1100 \pm 10\%$. В пределах точности метода (оценка концентраций по интенсивности линий довольно груба), это число находится в хорошем согласии с результатом Юрея — 1:800.

Однако, оценка Бликнеем концентрации изотопа H^2 в обычном водороде, совершенно расходится со значением 1:4000, данным выше. А именно, он дает число $\text{H}^2:\text{H}^1 = 1:30000 \pm 20\%$; по его мнению, испарение жидкого водорода у тройной точки — процесс значительно более эффективный в смысле разделения, чем думали Юрей и его соотрудники.

Еще более расходится с числом 1:4000 оценка Кальмана и Лазарева, дающих для этого отношения, как верхний предел, значение 1:40000. Наконец, Харди с сотрудниками, изучая полосатый спектр H^2Cl^{35} и H^2Cl^{37} , дает значение 1:35000, а Ранк считает даже

вероятным, на основе своих исследований, отношение 1:80000.

Чем объяснить все эти расхождения?

Как предположили Уошбэрн и Юрей (4), причиной разногласий является то, что на содержание H^2 в той или иной порции водорода должна влиять прошлая история этой порции. Они рассматривают процесс электролиза водорода и считают, что для водорода у которого так существенна разность масс изотопов, электролиз должен привести к частичному их разделению. О возможности электролитического разделения изотопов еще в 1921 г. высказал соображения Линдемани, исходя из предположения о разных скоростях ионов разных масс. Но опыты с Cl и Mg не дали тогда никаких результатов. Другое дело с водородом, разность масс изотопов которого так ощутительна. Однако, дело не только в различных скоростях ионов, отношение которых даже для водорода составляет $1:\sqrt{2}$ (для других элементов еще значительно меньше), а еще в тех процессах, которые происходят на электродах. Если реакции $X^+ + e = X$ и $Y^+ + e = Y$ суть две катодные реакции соединения положительного иона с электроном, то, при установившемся процессе преимущественно будет идти та реакция, для которой катодный потенциал меньше, а для водорода, в виду большой разницы в массах, катодные потенциалы обоих изотопов должны быть отличны. Вдобавок, механизм образования водородного газа на катоде включает диффузию ионов через катодную пленку и последующее соединение нейтрализованных ионов в водородную молекулу. В этих обоих процессах, вследствие различия в поляризации, существует возможность разделения изотопов с преимущественным выделением легкого изотопа, а, следовательно, с обогащением изотопом H^2 остатка воды.

М. Полани считает причиной электролитического разделения водорода, главным образом, квантово-механический эффект (так наз. „туннельный эффект“) перехода иона через энергетический барьер, который видимому представляет собою тот барьер через который ион (при сбрасывании своей оболочки из поляризованных молекул раствора)

должен перейти, чтобы достичь поверхности электрода.

Если эти предположения соответствуют действительности, то растворы, содержащиеся в работающих длительное время коммерческих установках для электролиза воды, должны быть несколько обогащены тяжелым изотопом H^2 . Здесь, однако, условия для разделения изотопов не очень благоприятны, так как в сосуд все время прибавляется свежая вода.

Юрей с сотрудниками исследовали спектроскопически водород, полученный из воды старых электролитных сосудов, и установили определенное увеличение концентрации тяжелого изотопа, по сравнению с концентрацией его в обычном водороде. Кроме того, исследовался спектроскопически и кислород из этой воды (полосатый спектр его соединения с азотом, —NO) и найдено как будто бы некоторое уменьшение концентрации O^{18} ; однако, из-за неточности измерений этот результат сомнителен.

Как указывают Уошбэрн и Юрей, можно ожидать, что и при испарении воды при достаточно низкой температуре, в остатке увеличится концентрация H^2 , и хотя эффективность процесса должна быть меньше, чем при испарении жидкого водорода, однако, вследствие чрезвычайной простоты техники эксперимента, есть смысл произвести опыт. Частичное разделение возможно также и при различных гетерогенных химических реакциях; так, при действии серной кислоты на цинк можно ожидать что преимущественно в реакцию будет вступать H^1 , и, следовательно, остаток не прореагировавшей кислоты обогатится изотопом H^2 .

Льюис, совместно с Макдональдом (5), электролизируя воду, для увеличения содержания в ней изотопа H^2 , добились, несмотря на чрезвычайно малую начальную концентрацию тяжелого изотопа водорода в воде, результатов, оставляющих далеко позади все прежние попытки разделения изотопов.¹

¹ Нужно оговориться, что в 1932 г. блестящих результатов по разделению изотопов неона добились Герд и Гарсен в Берлине, пользуясь усовершенствованным методом диффузии.

Взяв воду из электролизного прибора, работавшего 4 года и продестиллировав ее, Льюис и Макдональд измерили ее плотность, которая оказалась равной 1.000034. Если это увеличение плотности обязано концентрации H^2 , то его концентрация здесь 1:3000, т. е. в 10 раз больше, чем предполагавшаяся в обычной воде, по определению большинства исследователей. При долгой работе электролизного сосуда, вода, содержащаяся в нем, приближается к стационарному состоянию, когда состав освобождающихся газов равен составу добавляемой воды, так как при большей скорости выделения H^1 , его остается все меньше, и вероятность выделения H^2 поэтому увеличивается.

Можно не добавлять воды, а давать изменяться общему объему электролита. Тогда обогащение идет быстрее.

Воду из старого электролизного прибора Льюис и Макдональд подвергли дальнейшему разложению с помощью электролиза. Произведенные после этого определения плотности воды показали значительное увеличение плотности, так что было предположено, что происходит не только обогащение тяжелым изотопом водорода, но и тяжелыми изотопами кислорода. Однако, дальнейшие опыты опровергли это предположение.

Пар „тяжелой воды“ был пропущен над горячими опилками железа, и выделившийся при этом водород соединен с обычным кислородом. Полученная вода опять оказалась „тяжелой“, в то время как кислород из образовавшейся окиси железа, соединившись с обычным водородом, давал воду обычной плотности. Зная таким образом, что электролиз ведет лишь к обогащению воды тяжелым изотопом водорода, можно было установить, что концентрация H^2 в обычной воде значительно выше, чем 1:30000, и скорее приближается к значению, предсказанному Бёрджем и Менцелем (1:4500).

Далее Льюис и Макдональд сводили 10 л воды к долям одного куб. сантиметра, производя электролиз сначала в большом сосуде с никелевыми электродами при токе в 250 А; при уменьшении объема электролита, сила тока бралась

меньше. Чтобы избежать слишком большой концентрации электролита при уменьшении его объема, часть его дистиллировалась несколько раз в ходе процесса и вновь сливалась с остатком. Уменьшающийся в объеме электролит сливался во все меньшие сосуды. В конце концов получился остаток приблизительно 0.5 куб. см. Этот остаток дистиллировался в вакууме в маленький сосудик. Плотность этой воды оказалась равной 1.035, что указывает на то, что 31.5% всего водорода этой воды являлся изотопом H^2 .

Затем 20 л воды сводились к 0.5 куб. см при начальном токе 400 А. Полученная вода имела удельный вес 1.073, а следовательно, H^2 составлял в ней 65.7% всего водорода. Спектроскопические исследования (6) тоже дали для водорода, полученного из этой воды, концентрацию тяжелого изотопа свыше 50%.

В продолжение опыта температура электролита поддерживалась возможно более низкой, во-первых, с целью избежать потери воды от испарения, а во-вторых, вследствие предполагаемого повышения эффективности разделения с понижением температуры. Последние исследования подтвердили это предположение Льюиса. Кроме того, в последнее время установлено, что эффективность разделения зависит от плотности тока и концентрации электролита; однако, каким образом влияют на разделение плотность тока и концентрация электролита, точно еще не установлено.

Эффективность разделения принято характеризовать множителем α , который равен проценту выделения при электролизе H^1 , деленному на процент выделения H^2 .

При условиях эксперимента Льюиса, α получился равным 5; это значит, что у него отношение выделяющегося H^1 ко всему H^1 , имеющемуся в воде, впятеро больше, чем соответственное отношение для H^2 . Если довести воду, содержащую 65.7% H^2 , до четверти ее объема, то она должна содержать 99% H^2 , т. е. практически чистый H^2 . Таковую чистую „тяжелую воду“ Льюис впоследствии и получил. При этом по найденным им данным в обычной воде (из Беркли-Сити) отношение количеств

$H^2:H^1$ приблизительно равно 1:6500, т. е. близко к предположенному Бёрджем и Менцелем. Однако, впоследствии Льюис указывает, что эта его оценка концентрации $H^2:H^1$, повидимому, слишком велика.

Так как в этой работе Льюис пользуется косвенными способами, то интересно было повторить определение концентрации тяжелого изотопа водорода в обычной воде.

Бликней и Гаулд (7), беря небольшую порцию воды, многократным пропусканием паров ее через горячее железо в вакууме и откачиванием каждый раз получившегося водорода в отдельный сосуд, предварительно заморозив пары воды жидким воздухом, добиваются полного выделения водорода из воды. Исследование этого водорода в масс-спектрографе дало отношение концентраций 1:5000, т. е. число, близкое к числу Бёрджа и Менцеля, а, следовательно, удовлетворительно объясняющее расхождение астрономического и химического атомных весов водорода.

Это, насколько известно автору этих строк, наиболее заслуживающее доверия число из полученных до сих пор экспериментально.

Не лишено интереса исследование Менцеля, а также Унзёльда, о космической концентрации тяжелого изотопа водорода. Из исследования спектров Солнца и звезд Менцель приходит к выводу, что, если изотоп H^2 и встречается на них, то содержание должно быть меньше, чем 1:600 000. Унзёльд, рассматривая распределение интенсивности в области 6561 Å спектра Солнца, приходит к выводу, что космическое отношение $H^2:H^1 < 1:100000$. Дело как будто бы обстоит так, что почему-то Земля получила свою порцию водорода несколько обогащенной тяжелым изотопом, или условия на поверхности Солнца неблагоприятны для наличия H^2 . Однако, верность заключений Унзёльда и Менцеля сомнительна из-за очень больших трудностей оценки интенсивности слабых линий в солнечном спектре.

Как было уже указано выше, ядро H^2 , или дейтон, как называют его теперь по предложению Юрея, есть наиболее

простое (после протона), ядро и поэтому более доступно теоретическому толкованию, чем другие ядра. Грэйс высказывает предположение, что дейтон, наряду с протоном, нейтроном, α -частицей и т. д., может входить как составная часть в ядра более тяжелых элементов. Представляет большой принципиальный интерес вопрос о строении дейтона. Так как он имеет массовый номер — 2 и зарядный — 1, то возможны следующие схемы его строения: 1) дейтон есть соединение двух протонов и одного электрона (это строение, по новым взглядам, не допускающим возможности нахождения электрона в ядре, должно быть, повидимому, оставлено); 2) дейтон есть комбинация протона и нейтрона; 3) дейтон составлен из двух нейтронов и позитрона.

Очевидно, что для выяснения природы дейтона особенно интересно точное определение его массы.

Бэйнбридж (8), с помощью масс-спектрографа, сравнивает массу дейтона с массой ядра гелия (α -частицы). В шкале Астона ($O^{16} = 16.0000$) он получает для массы дейтона значение $2.0.1351 \pm \pm 0.00018$.

Если дейтон, как предполагал Бэйнбридж, состоит из двух протонов и одного электрона, то энергия связи H^2 (дефект массы) соответствует 0.00205 единиц массы (масса протона = 1.00778) или приблизительно $2 \cdot 10^6$ электрон-вольт. Если же ядро H^2 состоит из протона и нейтрона (масса нейтрона по Чэддику 1.00667), то энергия связи равна $9.7 \cdot 10^5$ электрон-вольт (дефект массы — 0.00097 единиц).

Нужно указать, что масса нейтрона не может считаться установленной вполне точно. Так, Жолио дает для массы нейтрона значение 1.011 — значительно более высокое, чем Чэдвик.

Если принять массу нейтрона равной 1.011, то схема дейтон = два нейтрона + позитрон, а также энергетически эквивалентная ей дейтон = протон + нейтрон, становится значительно более устойчивой (дефект массы = 0.0527 единиц, или энергия связи приблизительно $5.1 \cdot 10^6$ V).

Интересно отметить, что Лоуренс оценивает массу нейтрона числом 0.9995.

Если бы это было так, то схема дейтон = протон + нейтрон была бы неустойчивой, так как дефект массы здесь отрицателен. Единственно возможной была бы схема дейтон = два протона + электрон. Но данные Лоуренса сомнительны, так что вероятнее, что дейтон построен по второй или третьей схеме.

Из позднейших измерений Бэйнбриджа для массы дейтона получается число 2.01363 ± 0.00008 .

Харди с сотрудниками (9) определяет из полосатого спектра H^2Cl массу дейтона как $2.01367 + 0.00010$, т. е. число, очень близко совпадающее с числом Бэйнбриджа.

Исследуя чередование интенсивности в полосах спектра испускания молекул H^2H^2 , Льюис и Ашли (10) находят, что механический момент ядра тяжелого изотопа водорода равен 1, т. е. вдвое больше, чем момент ядра H^1 (протона), который равен $1/2$. К результату совпадающему с результатом Льюиса, приходит Майснер, исследуя давление паров водорода над жидким водородом у тройной точки и у нормальной точки кипения.

Определяя отклонение молекул тяжелого водорода в магнитном поле, Эстерман и Штерн (30) приходят к выводу, что, несмотря на то, что дейтон обладает вдвое большим механическим моментом, чем протон, он имеет, повидимому, значительно меньший магнитный момент, чем протон.

Известно, что, ускоряя протоны в электрическом поле можно, придав им большую скорость, и направляя их пучок на различные легкие элементы, добиться искусственного расщепления этих элементов. Интересно попытаться бомбардировать легкие элементы дейтонами. Вследствие того, что масса дейтона отлична от массы протона, следует ожидать, что, при бомбардировке элементов ядрами тяжелого изотопа водорода, получатся результаты, существенно отличные от результатов бомбардировки ядрами H^2 .

Льюис, Ливингстон и Лоуренс (11), пользуясь порцией тяжелой воды, содержащей около 50% H^2 , в приборе для многократного ускорения ионов, получают ионы $(\text{H}^1\text{H}^2)^+$ со скоростями по-

рядка двух миллионов вольт. Эти сложные ионы распадаются и дают начало протонам энергии $0.66 \cdot 10^6 \text{ V}$ и дейтонам с энергией $1.33 \cdot 10^6 \text{ V}$. Авторы находят, что, если дейтон сталкивается с ядром азота, то он выбивает из него α -частицу, а сам захватывается ядром, в результате чего получается ядро изотопа углерода C^{12} . Т. е. реакция идет по схеме: $\text{N}^{14} + \text{H}^2 \rightarrow \text{C}^{12} + \text{He}^4$. Другой случай выбивания α -частицы дейтоном имеет место, когда дейтоны бомбардируют пластинку лития. Реакция имеет такой вид: $\text{Li}^6 + \text{H}^2 \rightarrow 2\text{He}^4$, т. е. изотоп лития массового номера 6, захватывая дейтон, переходит в неустойчивый изотоп бериллия Be^8 , а этот последний, распадаясь, производит две α -частицы. При взаимодействии дейтона с изотопом лития Li^7 , реакция протекает так: $\text{Li}^7 + \text{H}^2 \rightarrow 2\text{He}^4 + \text{n}^1$, где буквой n^1 обозначен нейтрон. В этом случае дейтоны, сталкиваясь с Li^7 кроме α -частиц производят и нейтроны.

Наличие обеих последних реакций подтверждено Резерфордом с сотрудниками (12). Пользуясь „тяжелой“ водой, приготовленной Льюисом, 93% всего водорода которой был H^2 , Резерфорд и его сотрудники получали быстрые дейтоны и нашли, в согласии с предыдущими авторами, что скорость возрастания числа выбиваемых из Li частиц, с увеличением энергии бомбардирующих дейтонов, значительно больше, чем при бомбардировке протонами.

Частицы, испускаемые литием под влиянием ударов дейтонов, распадаются на две группы. Первая группа — длиннопребывающая, со средней длиной пути 13 см, и вторая с более коротким пробегом и сложная, с длиной пути от 1 до 7.8 см. Показано, что частицы, испускаемые литием суть, по всей вероятности, ядра гелия, причем группа с пробегом 13 см получается по реакции $\text{Li}^6 + \text{H}^2 \rightarrow 2\text{He}^4$, а сложная группа по реакции $\text{Li}^7 + \text{H}^2 \rightarrow 2\text{He}^4 + \text{n}^1$.

В одном из последних номеров *Physical Review*, появилось сообщение Крэйна и др. о получении нейтронов бомбардировкой лития и бериллия дейтоном. Реакция с литием такая же, как и у прежних авторов (две α -частицы + нейтрон), а с бериллием, повидимому, та-

кова: $Be^0 + H^2 \rightarrow B^{10} + p^1$. При этом интенсивность нейтронов (т. е. число вылетающих нейтронов), получаемых действием дейтонов с энергией 900 000 V на Be и Li, приблизительно в сто раз больше, чем интенсивность нейтронов, получаемых при помощи наиболее сильных источников α -частиц полония, до сих пор применявшихся для получения нейтронов.

Очевидно, что ядру тяжелого изотопа водорода суждено сыграть большую роль в деле изучения ядерных процессов и строения ядра.

Перейдем к рассмотрению оптических свойств H^2 .

О первоначальных исследованиях Юрея, Брикведде и Мёрфи при самом открытии H^2 уже говорилось. Авторы вычислили разность длины волн основных линий бальмеровской серии обоих изотопов водорода, исходя из предположения, что масса H^2 ровно вдвое превышает массу H^1 . Получается следующая табличка, содержащая вычисленные и измеренные разности длины волн $\Delta\lambda$ в Å .

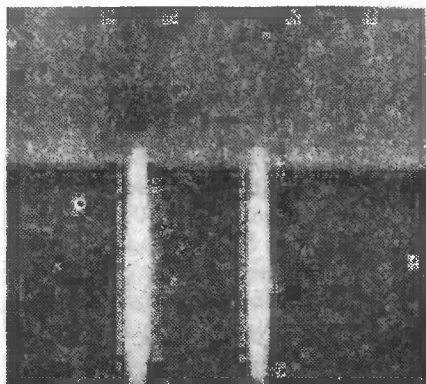
| Линия | H_α | H_β | H_γ | H_δ |
|----------------------------------|------------|-----------|------------|------------|
| $\Delta\lambda$ вычисл. | 1.793 | 1.326 | 1.185 | 1.119 |
| $\Delta\lambda$ наблюда. | 1.820 | 1.315 | 1.176 | 1.098 |

т. е. совпадение до $0.01 - 0.03 \text{ Å}$, что уже в пределах точности наблюдений. Линию H^2_α наблюдал также и Ранк и получил такое же $\Delta\lambda$.

Эти разности длин волн $\Delta\lambda$ обуславливаются, как указывалось выше, различными поправками на движение ядра для обоих изотопов водорода. Для более тяжелых элементов такое изотопическое смещение должно быть значительно меньше, чем для водорода, и для элементов больших атомных номеров практически исчезать. Однако, было установлено, что изотопическое смещение наблюдается в атомном спектре и такого тяжелого элемента, как свинец. Для объяснения этого смещения Брейт предположил, что оно происходит от различия электрических полей ядер отдель-

ных изотопов, вследствие отличия их от кулонова поля (асимметрия распределения зарядов). По теории Брейта, у водорода, атом которого составлен всего из двух зарядов, следует ожидать наибольшего различия в полях обоих изотопов. Поэтому для них, казалось бы, никак не могут применяться вычисления изотопического смещения по Бору, так как теория Бора имеет дело с полями с центральной симметрией. Однако, измеренные изотопические смещения для изотопов водорода оказались точно совпадающими с ожидавшимися по теории Бора. Следовательно, приходится допустить, что теория Брейта неверна, и объяснения большого изотопического смещения в спектрах тяжелых элементов нужно искать в чем-либо ином.

Линии атомного спектра водорода вследствие наличия механического момента валентного электрона („спина“) должны представлять собой узкие мультиплеты, состоящие из 5 компонент. Две из этих компонент имеют значительно большую интенсивность по сравнению с другими и расположены на таком расстоянии друг от друга, что могут быть разрешены хорошими спектральными приборами. Из трех слабых компонент, одна отстоит на достаточном расстоянии от двух сильных, так что на микрофотограммах снимков линий атомного спектра водорода, полученных с помощью приборов высокой разрешающей силы, можно при хороших условиях, заметить некоторую асимметрию кривой, происходящую от наличия этой составляющей. Из двух остальных слабых компонент, одна настолько близка к наиболее интенсивной компоненте дублета, а другая настолько слаба, что установить их присутствие чрезвычайно трудно. В первом приближении, следовательно, линии атомного спектра водорода должны представлять собой узкие дублеты. Как установили Юрей с сотрудниками (их приборы разрешают только дублетную структуру линии H^2_α , это имеет место как для линий H^1 , так и для линий H^2 , которые широки, как ожидается для узких неразрешенных дублетов, но не так широки и диффузны, как линии H^1 , вероятно вследствие меньшего доплеровского уширения, которое, как изве-



H^1_{β} H^2_{β}
Фиг. 1.

стно, обратно пропорционально корню квадратному из атомного веса. Поэтому линии H^2 должны быть в $\sqrt{2} \cong 1.41$ раза уже, чем линии H^1 .

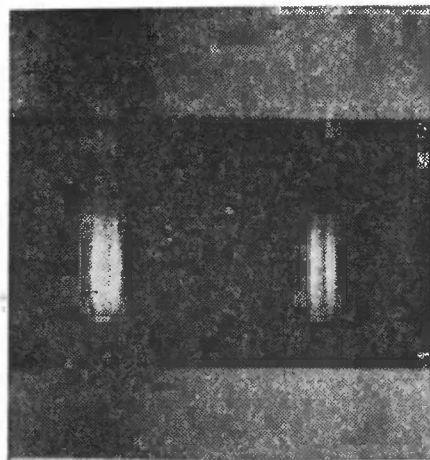
Линия H^2_{α} разрешается в тесный дублет с расстоянием компонент того же порядка, что и у H^1_{α} . Дальнейшие исследования бальмеровской серии H^2 производили Льюис и Спеддинг (6), используя для получения спектра H^2 тяжелую воду, в которой тяжелый изотоп водорода составлял около двух третей всего водорода. С помощью большого спектрографа Хильгера они получили расстояния линий H^1_{β} от H^2_{β} на 1.2 мм а H^1_{γ} от H^2_{γ} на 2 мм на фотографических пластинках. Кроме того, они снимали спектр той же порции водорода в третьем порядке плоской решетки с 10-метровым астрономическим объективом. На фотографии линий H_{β} (фиг. 1) видна тонкая структура этих линий. Она более заметна у линии H^2_{β} (на снимке справа), чем у H^1_{β} , так как, по указанному выше, линии H^2 уже. У линии H_{α} (фиг. 2) тонкая структура заметна очень хорошо и опять у H^2_{α} вполне разрешена, а у H^1_{α} несколько сливается.

Эта работа была предпринята с целью установления, существует ли еще третий изотоп водорода с массовым номером 3. При электролизе остаток воды должен быть обогащен изотопом H^3 , по крайней мере в такой же степени, как и H^2 . Если изотоп H^3 присутствует в заметном количестве в этой обогащенной порции воды, то так как расстояние ли-

ний H^3 от линий H^2 должно равняться трети расстояния линий H^2 от H^1 , снятые при помощи спектрографа Хильгера, они должны быть легко различимы на снимке. Линии H^2 получались четко на снимке, после 1—2 мин. экспозиции, но и через 40 часов экспозиции на пластинке не оказалось следов линий H^3 . Это дает право авторам утверждать, что если изотоп H^3 и существует, то концентрация его, $H^3:H^1$, в естественном водороде не больше, чем 1:6000000.

Тонкое строение линий H^2_{α} и H^1_{α} , пользуясь эталонным интерферометром Фабри и Перо, исследовал еще Спеддинг с сотрудниками (13). Для обоих изотопов отчетливо заметна асимметрия микрофотометрических кривых, указывающая на наличие третьей компоненты тонкой структуры на месте, соответствующем вычисленному по теории. Существование этой асимметрии значительно более заметно, в случае тяжелого изотопа, вследствие большей резкости линий. Расстояния компонент тонкого строения друг от друга для линий H^1_{α} и H^2_{α} одно и то же.

Члены лаймановской (ультрафиолетовой) серии тяжелого водорода фотографировали Баллард и Уайт (14). Были сняты шесть первых членов серии при помощи вакуум-спектрографа, для водорода в высокой степени обогащенного тяжелым изотопом. Положения ли-



H^1_{α} H^2_{α}
Фиг. 2.

ний H^2 прекрасно сходятся с вычисленными изотопическими смещениями, за исключением одной, так как ее трудно измерить из-за присутствия возле нее чужой линии. Как и следовало ожидать, линии H^1 в 1.41 раза шире, чем линии H^2 .

Молекулярный спектр поглощения H^2Cl исследовали Харди, Баркер и Деннисон (9). Они наполняли сосуд 700 см длины газом при атмосферном давлении (сначала обычным хлористым водородом а затем HCl , обогащенным тяжелым изотопом водорода) и исследовали инфракрасную полосу поглощения, лежащую в области 4.8 μ . Положения линий H^2Cl прекрасно совпадали с вычисленными. Как указывалось выше, авторы из своих наблюдений вычислили массу H^2 .

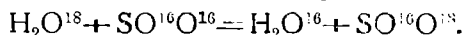
Джонстон и Доусон (15) наблюдали полосы испускания молекулы $O^{16}H^2$. Интересно отметить, что более тяжелым молекулам соответствует большее дублетное расщепление, происходящее от магнитного момента ядер, тогда как колебательная и вращательная структуры для более тяжелых молекул, наоборот, сжаты. Пять линий одной ветви полосы 3064, спектра OH , Чемберлен и Катгер (15) приписывают также молекуле OH^2 .

Для разделения изотопов водорода, можно придумать большое число способов. Одним из осуществленных уже способов является способ Тэйлора и его сотрудников (16), основанный на теоретических рассуждениях Эйринга. Они удаляли водород из предварительно поглотившего газ активированного угля, поддерживаемого при температуре жидкого воздуха и исследовали при помощи масс-спектрографа последние удаленные порции. Из начально поглощенного объема в 5025 куб. см исследовалась последняя порция в 35 куб. см и оказалась обогащенной молекулами H^1H^2 в три раза. Затем порция в 5715 куб. см доводилась до остатка в 440 куб. см. Этот, последний, был опять поглощен, и конечная выделенная порция, содержащая объем газа в 90 куб. см, бралась для исследования. Здесь обогащение молекулами H^1H^2 было уже пятикратным. Опыты при температуре жидкого водорода должны быть значительно более эффективными.

Можно разделять изотопы водорода, а одновременно и кислорода, прямо используя воду. Уошбэрн и Смит (17) использовали зависимость адсорбционной способности пористых материалов и порошков, по отношению к воде, от изотопического состава воды. Они погружали на 3 недели 300 г активированного угля в 500 г воды плотности 1.000053. Не впитавшийся остаток воды и последняя порция выделенная из угля нагреванием в вакууме до $500^\circ C$ сравнивались по плотности. Оказалось, что удельные веса этих порций различались на 12.4 части на миллион. При этом плотность первой уменьшилась на 6.5 части, а второй возросла на 6.7 частей. Этим же авторам, а независимо от них Льюису и Корнишу (18) принадлежит мысль, использовав разные точки кипения для тяжелой и обычной воды, разделить изотопы водорода и кислорода с помощью дистилляции воды. И те и другие достигли положительных результатов. Плотность остатка на дне котла увеличилась, по сравнению с начальной, а плотность первой порции испаренной воды — уменьшилась. Для того, чтобы определить, как связано это увеличение плотности с обогащением воды — тяжелыми изотопами кислорода и водорода в отдельности, Льюис (19) вместо своего прежнего, несколько громоздкого способа, о котором упоминалось уже (разложение воды горячим железом с последующей рекомбинацией полученных O и H с обычными H и O), разработал новый, чрезвычайно остроумный способ. Он основан на обмене изотопов в водном растворе, как например, в реакции аммиака с водой. Аммиак, соединяясь с водой, дает Ni_4OH ; это соединение опять диссоциирует на NH_3 и H_2O , причем оба процесса проходят с большой скоростью. Пусть молекула воды содержит оба изотопа водорода (H^1H^2O), а молекула аммиака только легкий (NH^1_3). Так как вероятность атома H^2 , так же, как и атома H^1 , при распаде образовавшегося $NOH^1_3H^2$ уйти либо в NH^1_3 , либо в H_2O , одинакова, то очень быстро изотоп водорода H^2 распределится равномерно между NH^1_3 и H_2O . Один моль воды при 0° поглощает приблизительно один

| t в °С . . . | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
|----------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $P_1 - P_2$ | 2.3 | 3.9 | 6.1 | 9.1 | 13.1 | 18.0 | 23.9 | 30.7 | 38.4 | 47.0 |
| P_2/P_1 | 0.87 | 0.88 | 0.89 | 0.90 | 0.913 | 0.923 | 0.933 | 0.942 | 0.949 | 0.956 |

моль NH_3 ; и так как аммиак имеет 3 атома водорода, то, если откачать аммиак, больше чем половина H^2 уйдет. Аммиак растворялся при 0° в порции воды из перегонного куба, имевшей плотность 1.000182, затем аммиак откачивался при комнатной температуре. После шести повторений этого процесса плотность воды оказалась равной 1.000085, так что, во всяком случае, часть 0.000097 из начального превышения плотности была обязана наличием H^2 . Для определения роли тяжелого изотопа кислорода в увеличении плотности этой воды пользовались аналогичной возможной, обменной реакцией:



При этом плотность уменьшилась до 1.000109, так, что по крайней мере часть 0.000073 из начального превышения плотности происходила от наличия O^{18} .

Таким образом, было установлено происхождение части 0.000170 из общей величины 0.000182 начального превышения плотности. Для более точных экспериментов нужно предварительно определить изотопический состав аммиака и двуокиси серы, так как в них могут тоже входить тяжелые изотопы водорода и кислорода.

Перейдем теперь к описанию физических свойств „тяжелой“ воды.

Уошбэри, Смит и Фрэндсен (20), пользовались порцией тяжелой воды, плотности 1.0014. Они нашли, что эта вода имела точку замерзания $+0.050^\circ\text{C}$ и точку кипения 100.02°C . Кроме того

установлено, что показатель преломления для линии D несколько уменьшился по сравнению с показателем преломления обычной воды. Величина уменьшения его есть $-(60 \pm 2) \cdot 10^{-6}$

Все эти изменения физических постоянных воды с изменением ее изотопического содержания совершенно непонятны с теоретической точки зрения. Действительно, показатель преломления, например, должен определяться внешними, диспергирующими электронами, которые у молекул воды разного изотопического состава одинаковы.

Однако, результаты указанных авторов подтверждаются работой Льюиса и Макдональда (21), работавших уже с почти чистым H_2^{18}O . Они получили порцию в 0.12 куб. см воды с содержанием H^2 не меньше 99.99%. Точка замерзания этой воды оказалась равной $+3.8^\circ$. Точка кипения при нормальном давлении -101.42° .

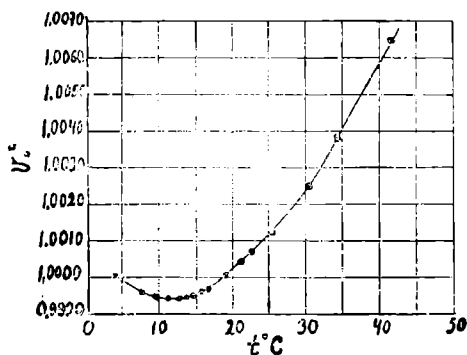
Далее авторы сравнивали давление пара чистого H_2^{18}O с давлением пара нормальной воды, пользуясь очень маленьким тензисметром, и получили следующие результаты (см. табл. вверху).

Здесь P_1 — давление паров обычной воды (в мм Hg), а P_2 — давление паров чистого H_2^{18}O .

Скрытая теплота испарения тяжелой воды сказывается больше чем обычной на 259 ± 3 или 4 грамм-калорий на моль.

В крошечном dilatометре определялось изменение плотности с температурой. Приводим таблицу авторов, в которой дается объем деленный на объем при 4°C :

| t . . . | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| V_4^t | 0.99987 | 0.99948 | 0.99958 | 1.00016 | 1.00111 | 1.00243 | 1.00415 | 1.00605 |



Фиг. 3.

На фиг. 3 изображена зависимость плотности от температуры. Мы видим, что точка наименьшего удельного объема, а, следовательно, наибольшей плотности, лежит не при 4° , а даже выше 10° . А именно, точкой максимальной плотности авторы считают 11.6° .

Авторы замечают, что, если обычная вода во многих отношениях может быть названа аномальной жидкостью, то H_2O еще более аномальна. Однако, разница между обычной и тяжелой водой уменьшается с увеличением температуры, что видно хотя бы из приближения к единице отношения ρ_2/ρ_1 .

Льюис и Дуди (22) сравнивали проводимость растворов HCl и KCl в обычной воде и почти чистом H_2O . Если $X(\text{KCl})$ есть отношение эквивалентной проводимости хлористого калия в обычной воде и в чистом H_2O и $X(\text{HCl})$ соответственное отношение проводимостей хлористого водорода, то получается следующий ход изменения этих отношений с температурой.

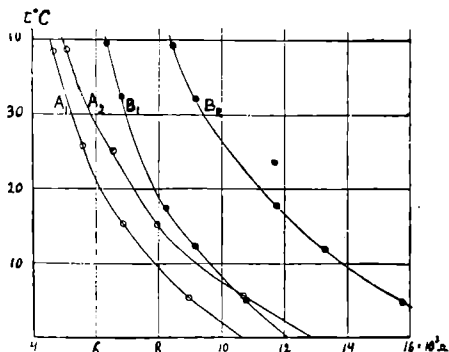
| t | 5 | 15 | 25 | 35 | 18 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $X(\text{KCl})$ | 1.212 | 1.180 | 1.162 | 1.152 | 1.173 |
| $X(\text{HCl})$ | 1.476 | 1.426 | 1.390 | 1.362 | 1.414 |

Зависимость проводимости от температуры изображена на кривых фиг. 4. По оси абсцисс отложены сопротивления растворов, а по оси ординат темпе-

ратуры. Кривые B_2 и B_1 дают ход сопротивления раствора HCl в тяжелой (B_2) и легкой (B_1) воде. Для сопротивления KCl имеем кривые A_2 и A_1 соответственно. Мы видим, что проводимость в обычной воде больше проводимости в тяжелой, но с повышением температуры различия становятся меньше (кривые сходятся где-то при больших t).

Авторы вычисляют из этих данных подвижность ионов в обоих растворителях. Если взять подвижности ионов (H^+) , K^+ и Cl^- в обычной воде при 18° , из „International critical Tables“ как 315.2; 64.2 и 65.2, то подвижности ионов (H^+) , K^+ и Cl^- в чистом H_2O выразятся числами: 213.7; 54.5 и 55.3.

Сэлвуд и Фрост (26) проделали серию опытов по определению различных физических свойств тяжелой воды с раз-



Фиг. 4.

ным содержанием H_2 . При помощи экстраполяции они получали значения различных постоянных для чистого H_2O (100% содержания H_2). Авторы определяли для разных порций тяжелой воды отношения их плотностей при 20° к плотности обычной воды при 4° (d_{20}^4), их показатели преломления при 20° для линий: D (n_{20}^D) и C (n_{20}^C), молекулярные рефракции для линии D , вязкости при 20° (η_{20} в миллипуазах), поверхностные натяжения при той же температуре и магнитные восприимчивости. Приводим таблицу, заимствованную из статьи авторов. Процент содержания тяжелого водорода указан в верхней строке.

| | Обычн. вода | 31% | 63.5% | 92% | 100% ₀ (вычисл.) |
|--|-------------|---------|---------|---------|--------------------------------|
| Плотность d_{20}^4 | 0.9982 | 1.0314 | 1.0664 | 1.0970 | 1.1056 |
| Пок. преломл. n_{20}^D | 1.33293 | 1.33138 | 1.32992 | 1.32849 | 1.3281 |
| " " n_{20}^C | 1.33094 | 1.32959 | 1.32824 | 1.32683 | 1.3265 |
| Молекул. рефракция (D линия) | 3.711 | — | — | — | 3.677 |
| Вязкость $\eta_{20}^{(10^3)}$ | 10.87 | 11.4 | 12.7 | 13.7 | 14.2 |
| Поверхн. натяж. (dyn/cm) | 72.75 | 71.5 | 69.8 | 68.1 | 67.8 |
| Магн. восприимч. $\chi \cdot 10^6/g$ | -0.72 | — | — | -0.65 | — |
| Молекул. восприимч. $\cdot 10^6$ | -13 | — | — | -13 | — |

Из таблицы видно, что изменение физических постоянных, с изменением содержания H_2 в воде, чрезвычайно велико. Так, уменьшение показателя преломления сказывается уже на второй цифре после точки, изменение поверхностного натяжения достигает семи, а вязкости даже тридцати с лишним процентов!

Льюис и Макдональд (27) нашли, что отношение вязкостей чистого H_2O и обычной воды почти линейно зависит от температуры. При этом, как и обычно, с увеличением температуры, это отношение приближается к единице. Однако, абсолютные значения вязкости тяжелой воды, полученные авторами отличаются от значений Сэлвуда и Фроста.

Льюис с сотрудниками (28) определил еще отношение диэлектрической постоянной тяжелой воды, свыше 99% водорода которой составлял H_2 , к диэлектрической постоянной обычной воды. По предварительным измерениям это отношение при 25° составляет 0.990. Как и всегда, расхождения увеличиваются с понижением температуры.

Тэйлор, Калэй и Эйринг (29) нашли, что растворимость солей в тяжелой воде заметно меньше, чем в обычной, дистиллированной воде при той же температуре. Так 1 г обычной воды при 25° растворяют 0.359 г $NaCl$, или 0.357 г безводного $BaCl_2$, а 1 г воды с 92% H_2 , при той же температуре растворяет лишь 0.305 г $NaCl$ (разница 15%) или 0.289 г $BaCl_2$ (разница 19%).

Весьма примечательны биологические действия тяжелой воды. Еще до ее получения, Льюис предсказал, что H_2O не сможет поддерживать жизнь. Когда тяжелая вода была получена, он произ-

вел следующей эксперимент (23). Были взяты 12 микроскопических семян одного сорта табака (*Nicotina tabacum* вид *purpurea*) и попарно посажены в 6 одинаковых стеклянных ампул, в 3 из которых было налито по 0.02 куб. см обычной дистиллированной воды, а в три остальные по 0.02 куб. см чистого H_2O .

Все трубочки были герметически закупорены и помещены в термостат при 25°. Три пары зернышек, находившиеся в обычной воде, через два дня начали разбухать, а через 4 дали развитые ростки. В то же время зернышки в H_2O не развились совершенно. Потом они были переложены в обычную воду, но результат еще не опубликован.

Аналогичный опыт был проделан с тяжелой водой с половинным содержанием H_2 . Через четыре дня все шесть семян в обычной воде дали развитые ростки, а в более тяжелой воде разбухли так, как разбухают в обычной воде в течение двух суток.

После этого Тэйлор с сотрудниками (24) исследовали токсические действия тяжелой воды на организмы пресной воды. Вода, содержащая 92% H_2 , оказалась ядовитой для исследованных организмов:

а) головастики зеленой лягушки *Rana clamitans* умирали в этой воде через час. Контрольные головастики, находившиеся в обычной дистиллированной воде, через сутки оставались здоровыми,

б) обычная аквариумная рыба *Lebistas reticulatus* погибала в тяжелой воде, примерно, через два часа. Вода, содержащая 30% H_2 , и вода, не обогащенная тяжелым водородом, не убивали эту рыбу и через сутки,

в) плоские черви *planaria Maculata* погибали в течение 3 часов в 92% тяжелой воде, но оставались неизменными в 30% воде в течение 3 суток,

г) простейшее *paramecium caudatum* убивалось 92% тяжелой водой за 48 часов. Однако, в воде с содержанием H^2 —15—20% это животное оставалось невредимым в течение 3 дней. Следовательно, это простейшее оказалось более устойчивым к токсическим действиям воды, чем исследованные высшие организмы.

Есть некоторые указания на то, что химические свойства тяжелого изотопа водорода сильно отличаются от химических свойств обычного водорода. Нужно ожидать в недалеком будущем интересных открытий в этом направлении, которые могут оказаться чрезвычайно полезными. В виду сильных токсических действий тяжелой воды, может быть она сыграет большую роль в медицине.

Как уже упоминалось, попытка Льюиса и Спеддинга обнаружить существование изотопа H^3 не увенчалась успехом. Однако, в октябрьской тетради журнала *Physical Review*, появилось сообщение американцев Лэйттаймера и Юнга (25) об обнаружении существования этого изотопа с помощью магнито-оптического эффекта, открытого Ф. Эллисоном (см., напр., *Успехи физических наук* г. 13, стр. 762, 1933 г., ст. Русакова). Этим методом было открыто большое количество неизвестных изотопов металлов. Однако, поскольку другими методами существование вновь открытых изотопов еще не подтверждено, постольку вопрос о надежности метода Эллисона остается открытым, а вместе с тем остается открытым и вопрос о существовании третьего изотопа водорода H^3 .

P. S.

Со времени сдачи этой статьи в редакцию, в печати появилось большое число работ по реферируемому в просу. Укажем наиболее интересные из них. Герцу удалось при помощи его метода диффузии выделить совершенно чистый H из обычного водорода (*Naturwiss.*, 21, 884, 1933). Льюис (декабрьская тетрадь *J. Am. chem. Soc.*) нашел, что, если взять воду, обогащенную тяжелым изотопом кислорода (O^{18}) и нормальным

изотопического состава по отношению к водороду, то коэффициент преломления такой воды больше, чем коэффициент преломления обычной. Следовательно, увеличение содержания в воде изотопа O^{18} влияет на коэффициент преломления воды в противоположную сторону по сравнению с изотопом H^2 .

В. Ч.

Литература

1. Birge a. Menzel. *Phys. Rev.* **37**, 1669. 1931.
2. Urey, Brickwedde a. Murphy. *Phys. Rev.* **39**, 164; **40**, 1. 1932.
3. W. Bleakney. *Phys. Rev.* **39**, 536; **41**, 32. 1932.
4. Washburn a. Urey. *Proc. Nat. Akad. of Sci.* **18**, 496. 1932.
5. Lewis. *J. Am. Chem. Soc.* **55**, 1297. 1933; Lewis a. Macdonald. *Journ. of Chem. Phys.* **1**, 341. 1933.
6. Lewis a. Spedding. *Phys. Rev.* **43**, 964. 1933.
7. Bleakney a. Gould. *Phys. Rev.* **44**, 265. 1933.
8. Bainbridge. *Phys. Rev.* **41**, 115; **42**, 1. 1932; **44**, 57. 1933.
9. Hardy, Barker a. Dennison. *Phys. Rev.* **42**, 279. 1932.
10. Lewis a. Aschley. *Phys. Rev.* **43**, 837. 1933.
11. Lewis, Livingstone a. Lawrence. *Phys. Rev.* **44**, 55. 1933.
12. Oliphant, Kinsey a. Rutherford. *Proc. Roy. Soc. (A)* **41**, 722. 1933.
13. Spedding, Shane a. Grace. *Phys. Rev.* **44**, 58. 1933.
14. Ballard a. White. *Phys. Rev.* **43**, 941. 1933.
15. Johnston a. Dawson. *Naturwiss.* **21**, 495. 1933. Chamberlain a. Cutter. *Phys. Rev.* **43**, 771. 1933.
16. Taylor, Gould a. Bleakney. *Phys. Rev.* **43**, 496. 1933.
17. Washburn a. Smith. *Journ. of Chem. Phys.* **1**, 426. 1933.
18. Lewis a. Cornich. *J. Am. Chem. Soc.* **55**, 2616. 1933.
19. Lewis. *Journ. Am. Chem. Soc.* **55**, 3502. 1933.
20. Washburn, Smith a. Fraudsen. *J. Chem. Phys.* **1**, 288. 1933.
21. Lewis a. Macdonald. *Journ. Am. Chem. Soc.* **55**, 3057. 1933.
22. Lewis a. Doody. *J. Am. Chem. Soc.* **55**, 3504. 1933.
23. Lewis. *J. Am. Chem. Soc.* **55**, 3503. 1933.
24. Taylor, Swingle, Eyring a. Frost. *J. of Chem. Phys.* **1**, 751. 1933.
25. Laytimer a. Young. *Phys. Rev.* **44**, 690. 1933.
26. Selwood a. Frost. *J. Am. Chem. Soc.* **55**, 4335. 1933.
27. Lewis a. Macdonald. *J. Am. Chem. Soc.* **55**, 4730. 1933.
28. Lewis, Olson a. Maroney. *J. Am. Chem. Soc.* **55**, 4731. 1933.
29. Taylor, Caleya. Eyring, *J. Am. Chem. Soc.* **55**, 4334. 1933.
30. Estermann u. Stern. *Z. f. Phys.* **86**, 132. 1933. Более подробный обзор литературы, за искл. самых последних работ, см. Bleakney a. Gould (7), а также обзорную статью в *Nature*, **132**, 536. 1932.

ПРАКТИЧЕСКОЕ РАЗРЕШЕНИЕ ВОПРОСА ДИАГНОСТИКИ ЯРОВИЗУЕМОГО СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА

Акад. А. А. РИХТЕР

Методы предпосевной обработки семян, разработанные Т. Д. Лысенко под общим наименованием „яровизационных“ с каждым годом приобретают все более и более ощутимую значимость в социалистическом сельском хозяйстве СССР. Стоящая вне всяких сомнений эффективность этих методов в смысле возможности управления сроками вегетации культурных растений, преломленная в тесной увязке научно-исследовательской мысли Союза с народно-хозяйственными его задачами, привела к грандиозной, едва ли не первой в истории человечества, проблеме применения научного открытия на практике: по предварительному постановлению НКЗ СССР предполагается в 1934 г. засеять яровизованными семенами один миллион га.

Необходимо в то же время отметить, что громадные практические продвижения метода яровизации семян вызвали многообразный интерес и со стороны научных работников институтов, даже не связанных непосредственно с сельскохозяйственными заданиями; едва ли есть в Союзе лаборатории, хоть скольконибудь связанные с биохимией и физиологией растений, в которых вопросы „яровизации по Лысенко“ не подвергались бы экспериментальной или теоретической проработке.

Однако, несмотря на весь этот глубокий и несомненный интерес научных кругов, несмотря на ряд уже опубликованных работ, углубляющих и расширяющих область яровизационного процесса (см., напр., работу Чайлаханя „Яровизация растений светом“ в № 5 ДАН 1933), до сих пор еще не намечено ближайших путей к разъяснению сущности лежащих в основе яровизации процессов.

Мало того, остается еще совершенно незаполненным практически важный пробел — выработка методики распознавания действительно яровизованного посевного материала.

„По внешнему виду, — пишет Т. Д. Лысенко, — яровизованный посевматериал ничем не отличается от неяровизованного. Судить о том, яровизован ли посевматериал пока что можно только пользуясь сравнением поведения высевных растений... это является тормозом в смысле быстроты проведения опытов... Не зная изменений, происходящих в посевматериале при яровизации, невозможно создать и производственного контроля хода яровизации растений“ (Бюллетень яровизации № 4, 1932, стр. 47).

Таким образом, со жгучим по теоретическому интересу вопросом об основе „нарастающих в посевматериале изменений“ (Лысенко) непосредственно сочетается чисто практическая насущная задача распознавания достигнутого яровизацией эффекта во внешне ничем не отличающихся от необработанных семенах.

По инициативе Народного комиссара Земледелия Союза Я. А. Яковлева перед Лабораторией биохимии и физиологии растений Академии Наук СССР была в 1932 г. поставлена задача разрешения вопроса о диагностике яровизационного процесса. Работы образованной под общим руководством акад. А. А. Рихтера бригады (тт. Ранцан, Пеккер, и Филиппенко) привели к ряду характерных показателей, наступающих при яровизации изменений в ходе основных жизненных процессов (см. ДАН, новая серия, 1933, № 2, стр. 32).

Однако, наиболее интересным теоретически и применимым практически 43

оказался путь, разработанный по предложению руководителя бригады аспирантом М. Пеккер: благодаря ее исследованиям можно считать первый этап заданий Наркомзема выполненным.

В основу метода было положено различное отношение клеточного содержимого зародыша яровизуемого семени до процесса обработки и в течение всего яровизационного воздействия к адсорбции им различных по заряду — основных и кислых красок.

Большой ряд работ (Гете, Робертсон, Гарвей, Роде, Колландер и др.) с несомненностью устанавливают общую закономерность связи адсорбции растительными или животными клетками той или другой краски с реакцией среды. Классические работы Леба (1922) отметили значение в адсорбционной способности желатины изоэлектрической точки субстрата: окраска желатины осуществлялась кислыми красками лишь при кислой реакции среды, и, наоборот, основные краски удерживались лишь с щелочном отрезке; критическим переломным пунктом являлась изоэлектрическая точка желатины, отвечающая $\text{Ph} = 4.7$. На базе этих фактов ряд исследователей (Томас и Келли, Роббинс, Пишингер, Нэлор и др.) стремился установить изоэлектрическую точку белковых комплексов, входящих в состав организмов. Сравнительно простой и наглядный метод удерживания красок позволил определить ИЕР у различных организмов, причем эта точка оказалась даже у очень близких систематически форм лежащей при ощутительно различных Ph : так, например, по Роббинсу у грибка *Rhizopus nigricans* ИЕР лежит при $\text{Ph} = 5.0$, а для грибка *Fusarium lycopersici* его приходится отнести к $\text{Ph} = 5.5$.

Вполне естественной рабочей гипотезой является поэтому предположение об изменении изоэлектрической точки белково-липоидного комплекса клеток яровизуемого семени, с дальнейшим обоснованием на наблюдаемой динамике окрашивания диагностических приемов.

44 Проработка подтвердила правильность поставленной рабочей гипотезы.

В первой серии объектом исследования являлись яровизованные и неяровизованные семена пшеницы „Новокрымки 0204“ и американского хлопчатника 10 196 (пшеница яровизована низкой, а хлопок высокой температурой. См. инструкции, изданные Украинским И-тутом селекции).

Выделенные из семян зародыши фиксировались и обезвоживались этиловым спиртом, проводились через ряд смесей спирта и ксилола до чистого ксилола, пропитывались парафином, в котором и заливались обычным методом. Срезы, полученные при помощи Майнотовского микротомы, наносились при помощи метода дистиллированной воды на предметные стекла и подвергались окраске, предварительно пройдя через различные для каждого среза буферные смеси с Ph ряда 2.2, 3.0, 3.8, 4.0, 4.4, 5.0, 5.9, 6.3, 7.7, 8.3 и 9.2. Буферными смесями служили стандартные растворы, приготовленные по Сёренсену ($\text{Ph} 5-9.2$) и Мак-Ильвену ($\text{Ph} 2.2-4.4$). Окрашивающими растворами служили сочетаемые в момент окраски 1% водные растворы эозина (кислая краска) и метиленблау (основная краска): окрашивание препарата продолжалось точно 5 минут. Затем избыток краски удалялся дистиллированной водой и объекты поступали в те же буферные смеси, обработке которыми они подверглись до окрашивания. Такая дифференцированная промывка, продолжавшаяся в течение 5—6 часов со сменной 1—2 раза промывных буферных растворов, приводила к вымыванию синей — основной краски в кислом секторе и наоборот — красной, кислой краски в секторе щелочном. „Кислые“ концы серии препаратов удерживали одну лишь красную, эозинную окраску, а щелочные — лишь синюю, от метиленблау. Но, как и следовало ожидать, на некоторой средней точке, отвечающей изоэлектрическому пункту белково-липоидного комплекса клетки, выявился резкий перелом окрашивания, причем перелом этот оказался явственно передвинутым у яровизованных семян, сравнительно с неяровизованным. Так, при буфере с $\text{Ph} 3.9$ зародыш яровизованного семени удерживал основную окраску, окрашиваясь в явственно синий

цвет, между тем как у неярвизованного семени даже при Ph 4.0 клетки зародыша целиком отдавали основную синюю окраску, оставаясь окрашенными в ярко красный цвет.

Отсюда определенно следует вывод, что у неярвизованного семени изоэлектрическая точка лежит выше Ph 4.0 ($IEP > 4.0$) между тем как ярвизованный зародыш дает эту точку ниже Ph 3.8 ($IEP < 3.8$).

Мы получаем явственное сдвижение изоэлектрической точки под влиянием ярвизационного импульса.

Вместе с тем, нетрудно воспользоваться выявленными соотношениями для целей диагностики.

Приведенная первая серия опытов показала, как это можно было предполагать и на основе литературных данных, что изоэлектрическая точка комплекса может быть определена и после фиксации и сложной обработки материала, необходимой для заливки и разложения на срезы. Однако, в подыскании простых, удобных для применения в „полевых“ условиях колхозной и совхозной действительности методов, необходимо пойти в сторону применения изложенной выше методики к нефиксированному материалу, с возможно более простой его обработкой.

В следующих сериях опытов применялись или сделанные бритвой от руки срезы зародышей тех или других семян, или же препараты, полученные путем раздавливания между двумя предметными стеклами исследуемого материала. Таким образом выключалась вся сложная процедура фиксации, обезвоживания, заливки в парафин и приготовления срезов, и все манипуляции сводились к очень простым приемам, занимавшим, если не считать промывки буферными растворами, не более 10—15 минут. Результаты же оказались вполне совпадающими с полученными в первой серии. Таким образом было намечено значительное упрощение диагностических приемов.

Дальнейшая серия опытов, проведенная уже по упрощенному „полевому“ методу была посвящена выяснению вопроса, на какой ступени ярвизации наступает изменение положения изо-

электрической точки белково-липидного комплекса ярвизуемого посевматериала. Имеется ли здесь постепенно совершающийся переход или более или менее резкий скачок, отвечающий типичному для каждого растения пределу (см. Бюллетень Ярвизации, № 4, стр. 57)? Для решения этого вопроса были исследованы на адсорбцию красок, наряду с неярвизованными семенами пшеницы „Новокрымки 0204“ семена различного срока ярвизационного воздействия, а именно 10, 20, 25, 30, 35, 40 и 44 дня.

Как и в предыдущих сериях, и здесь неярвизованные семена при переломном Ph 4.0 отдавали нацело основную синюю окраску и удерживали кислую красную. После десятидневной ярвизации адсорбционная способность зародыша оставалась опять-таки на кислой стороне, но препараты обладали некоторым оттенком; 20 и 25 дней ярвизации наложили на основной красный цвет препарата еще более ясный синий отпечаток; 30 дней ярвизации дали зародыши, уже удерживающие синюю окраску с красным оттенком и, наконец, зародыши семян, прошедших 35, 40 и 44-дневную обработку оставались при диагностической пробе окрашенными в интенсивно синий цвет, без каких-либо признаков адсорбции красного окрашивающего вещества.

Приводимые опытные данные интересны с разных точек зрения.

Во-первых, необходимо отметить четкое совпадение времени, необходимого для прохождения ярвизационного процесса пшеницей „Новокрымка 0204“ (см. Краткую инструкцию по ярвизации различных сортов пшениц Украинского И-тута селекции. 1932, стр. 16), т. е. 35 дней с переломным моментом для передвижки адсорбционной способности; мы имеем новое подтверждение связи между наблюдаемыми явлениями окрашивания и ходом жизненных процессов.

Ясно, далее, что передвижка изоэлектрической точки белково-липидного комплекса клеток зародыша, т. е. изменение их заряда совершается под воздействием ярвизационного импульса не сразу, а постепенно, сдвигаясь в кис-

лую сторону; процесс этот идет, повидимому, самоускоряясь к своему пределу, совпадающему с новым положением изоэлектрической точки.

Выводы

1. Процесс яровизации приводит к смещению изоэлектрической точки белково-липидного комплекса клеток зародыша яровизируемого семени.

2. Это смещение совершается постепенно, приходя к своему пределу в сроки, совпадающие со сроками экспериментального завершения „яровизации“.

3. Отсюда следует, что метод управления ходом развития растений, разра-

ботанный Т. Д. Лысенко под названием яровизации, в своей сущности связан с изменением электрического состояния белково-липидных комплексов живых клеток зародыша.

4. На основе динамики адсорбции красок с различным зарядом (кислых и основных) в зависимости от положения изоэлектрической точки разработан простой „полевой“ метод диагноза, позволяющий различать семена, закрепившие яровизационный импульс, от неяровизованных.

Лаборатория биохимии и физиологии растений
Академии Наук СССР. Январь 1934.

К ВОПРОСУ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ВЗАИМНОЙ СВЯЗИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ (КОРРЕЛЯЦИЙ)¹

Проф. Х. С. КОШТОЯНЦ

В исследовании закономерностей истории развития функций, на ряду с другими путями, определенное место должен занять путь исследования функциональных корреляций (взаимной связи физиологических явлений) и истории развития этих корреляций. Поскольку всякое историческое исследование в области биологии предполагает и анализ и синтез покоящимися на истории развития организмов, так и в области физиологии, при историческом подходе к решению ее проблем, решение вопроса корреляций функций должно питаться из того же источника. Этот путь обозначается нами, как путь исследования функциональной корреляции и ее истории, однако, ни в коей мере не в том понимании, а в связи с этим и пользовании термином корреляции, какое существует до самого последнего времени в физиологии. Речь идет о корреляциях физиологических

процессов в биологическом понимании проблемы корреляции.

Здесь новая задача развернутого исследования корреляций функций под углом зрения их генетической связи, на базе вскрытия и понимания этой связи в онто- и филогенетическом развитии исследуемых органов и систем, с которыми связано изучаемое физиологическое явление, на базе вскрытия и понимания генетической связи биохимической, биофизической сторон исследуемых физиологических явлений в истории развития органической природы.

Современная физиология имеет немало примеров исследований, посвященных вопросам влияния одной системы на другую, взаимоотношений этих систем и т. д., суммирующихся как явления корреляции, что, конечно, очень далеко от обще-биологического понимания процессов корреляции. Груда эмпирического материала всей физиологии в этом направлении требует еще своего осмысливания.

¹ Глава из работы „Некоторые пути исследования истории развития функций“.

В данной постановке вопроса речь идет о двух моментах: во-первых, необходимости изучения взаимосвязи физиологических явлений с учетом соотношения отдельных органов и систем организма, с которыми связаны эти явления, исходя при этом из истории развития этих систем и, во-вторых, необходимости физиологических подходов к изучению вопросов филогенетических корреляций как собственно физиологических, так и морфологических.

Такой путь физиологических исследований делает глубже „обычный“ физиологический эксперимент и включает его в разработку проблем эволюционной науки.

Определение, даваемое Плате, в его исследованиях по филогенетической корреляции, обсуждаемому здесь кругу явлений, безусловно недостаточно. Известно, что по Плате существуют две формы корреляций: именно функциональная и идиоплазматическая корреляции, причем Плате, в качестве примера функциональной корреляции, интересующей нас, приводит отношения между органами внутренней секреции и другими частями организма, находящимися под влиянием инкрета этих желез. Плате, давая определение функциональной корреляции и приводя примеры для характеристики ее, берет из физиологии то, что есть в ней, то, что физиологами (не ставившими в основном вопросов биологически) также считается за функциональную корреляцию. Однако, названная группа корреляций в примере Плате, конечно, не исчерпывает явлений, более того, — не является ведущей формой корреляций функций в организме.

Гораздо глубже и плодотворней учение акад. А. Н. Северцова о „морфо-физиологической корреляции“ учитывающее корреляцию двух или многих органов, когда „функция одного органа безусловно необходима для функции другого“. „Как пример такой морфо-физиологической корреляции можем мы, пишет Северцов, привести функциональные и морфологические отношения между моторными центрами спинного мозга и нервами, образующимися из

этих центров у позвоночных животных между названными нервами и мышцами иннервируемыми ими, между мышцами и двигаемыми ими частями скелета; эти органы представляют координационную пару, или координационную цепь“.¹

Говоря о задачах исследования функциональной корреляции, мы предполагаем изучение корреляций функций и анализ этого вопроса на базе существующих связей органов и систем организма в истории развития этих органов и систем (онто- и филогенетическом).

В этой формулировке расширяется понятие функциональной корреляции, ибо она ставит вопрос о том, что функциональная характеристика одного органа связана с функциями другого генетически с ним связанного.

Остановимся на некоторых примерах, как на иллюстрации к сказанному. Сравнительное физиологическое исследование двигательной функции кишечника различных позвоночных животных показывает отличия в физиологической характеристике двигательных элементов стенки кишечника этих животных. В частности нами была установлена существенная разница в особенностях реакций гладкой мускулатуры кишечника амфибий (лягушки) и у рыб. У ряда рыб (карась, плотва, вьюн) отчетливо выражена положительная реакция на поликарпин по всему протяжению кишечного канала, в то время как у лягушки реакция на поликарпин обычно ограничивается пищеводом и желудком. Это существенно важное отличие в отношении кишечника к ваготропному яду могло предположительно указывать и на различный предел распространения иннервации кишечной трубки по всему его тракту у двух исследуемых животных со стороны блуждающего нерва.

Первичное предположение о природе этих качественных отличий в физиологической характеристике кишечника исходило из представления о зависимо-

¹ А. N. Sewertzoff. Morphologische Gesetzmäßigkeiten der Evolution. Jena, G. Fischer. 1931, стр. 339.

сти их от типа дыхания этих двух групп животных. Имея перед собой факты различия в физиологической характеристике кишечника рыб и взрослых земноводных, мы искали ответа на ставший перед нами вопрос из обще-биологических источников. Известно, что существенным, ведущим отличием в типе организации рыб и амфибий, как и связанным с ними отличия в способах существования их (водного и наземного), является тип дыхания. При смене типов дыхания, жаберное дыхание заменяется легочным, при чем происходят глубинные изменения по линии реконструкции дыхательного аппарата. Дыхательный аппарат (жабры, легкие) является образованием генетически связанным с кишечной трубкой. Само собой разумеется, что эти биологические моменты исторической связи двух систем — дыхательных органов (дериватов кишечной трубки) и самой системы пищеварительных органов не могут быть упущены при решении частных физиологических вопросов, касающихся физиологии этих органов.

Процессы реконструкции дыхательных органов при смене типов дыхания должны дать (на основе онто- и филогенетических связей изучаемых систем) соответственные сдвиги в физиологической характеристике тех или иных участков пищеварительного аппарата.

Исходя из этих биологических предположений, описанную в нашей лаборатории качественную разницу в типах реакции на пилокарпин различных сегментов тонкого кишечника некоторых рыб и амфибий, имеющие в отношении амфибий опору в физиологических опытах раздражения блуждающего нерва произведенных другими авторами (Аршавский), мы связывали с теми сдвигами в иннервации кишечника блуждающим нервом и местными изменениями стенки кишечника, которые должны были наступить при смене жаберного дыхания легочным, в силу возникновения из первичной кишечной трубки (его переднего отрезка) новых образований — воздушных мешков, начала и интенсификации их функций.

Исходя из того же, мы поставили 48 прямые эксперименты в эмбрионально-

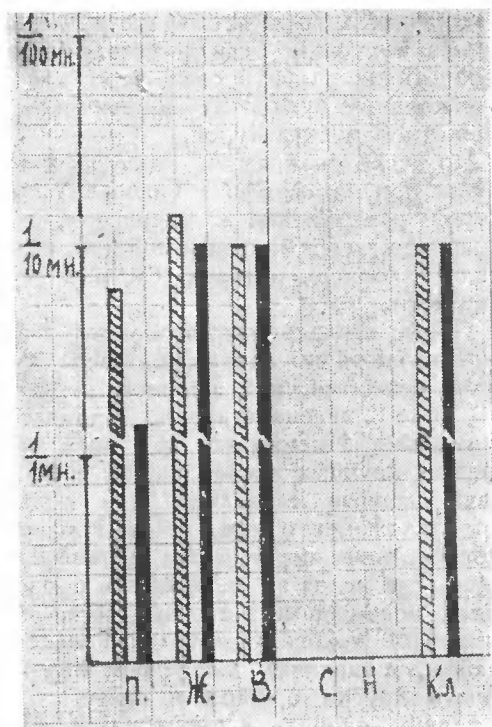
физиологическом направлении, которые должны были показать, что смена типов дыхания в онтогенезе, смена органов дыхания в связи с этим, даст соответствующие коррелятивные сдвиги в генетически связанных с ними образованиях других дериватов кишечной трубки (тонкого кишечника).

В работе Коштоянц Х. С., Музыкантова В. А. и Митрополитанской Р. Л.¹ это было показано на анализе физиологической характеристики различных участков кишечной трубки у амфибий (аксолотле) до и после метаморфоза, где в условиях эксперимента была прослежена коррелятивная зависимость между органами дыхания и кишечным трактом при условиях замены одного типа дыхания другим.

Наличие морфологически дифференцированных легочных мешков у личинок исследованных объектов еще во время жаберного типа дыхания не является существенным возражением ни сделанной теоретической посылке, ни эксперименту. Прежде всего после метаморфоза еще дальше идет морфологическая дифференциация легочных мешков, но что основное — они именно после метаморфоза начинают функционировать, как основной орган обмена газов животного и именно эта продолжающаяся морфологическая дифференциация и интенсификация функции обмена газов и собственных процессов в клетках органа, в связи с выполнением этой функции, не могут не дать коррелятивно, функциональных сдвигов в генетически связанных образованиях.

И эти сдвиги действительно наступают, как это видно по фигурам 1 и 2. При метаморфозе, при явлениях смены одного типа дыхания другим, при реконструкции дыхательных органов, наступают глубокие физиологические сдвиги во всем кишечном тракте, выражающиеся в резком изменении порогов чувствительности к адреналину и пилокарпину различных отделов кишечника амфибий в сравнении с аксолотлем (фиг. 1 и 2).

¹ Х. Коштоянц, В. Музыкантов и Р. Митрополитанская. „Материал к сравнительной физиологии пищеварительного тракта“, сообщение 1-е. Печатается в Физиологическом журнале СССР.



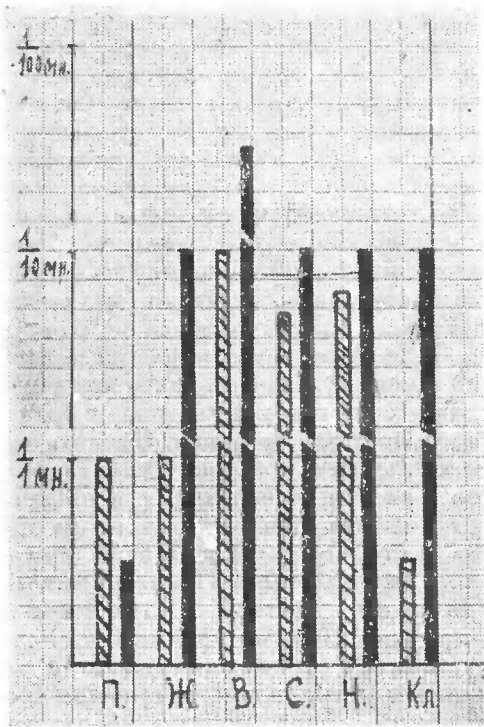
Фиг. 1. Пороги чувствительности кишечника аксолотля (заштрихованный столбец) и амблостомы (черный столбец) к пилокарпину.

На абсциссе участки кишечника. П — пищевод. Ж — желудок. В — верхний, С — средний, Н — нижний участки тонкого кишечника. Кл — клоака. На ординате отложены разведения пилокарпина.

При метаморфозе чувствительность к пилокарпину с пищевода и желудка понижается, с тонкого кишечника и клоаки остается неизменной.

Изучение и раскрытие коррелятивных связей на базе онто- и филогенетических отношений изучаемых систем и их функций ставит огромный, сложный вопрос о путях осуществления этой корреляции в каждом конкретном случае. В нашем случае необходимо иметь в виду весь комплекс связей между отдельными дериватами первичной кишечной трубки, учитывая такой важный фактор, как центральная и местная иннервация этих органов.

Очень важные вопросы и новейшие факты из области физиологии дыхательного центра, показывающие его связь с симпатической нервной системой, углубляющие и уточняющие прежде известные факты о количественных сдвигах (учащении и замедлении) частоты импульсов в блуждающем нерве в связи



Фиг. 2. Пороги чувствительности кишечника аксолотля и амблостомы к адреналину.

Обозначения те же, что на фиг. 1. При метаморфозе чувствительность к адреналину повышается со всех участков пищеварительного тракта, кроме пищевода, где отмечается обратный эффект.

с различным физиологическим состоянием легочных мешков (респираторного или инспираторного) и др. дают основание предполагать, что путь к наступлению сдвигов в физиологической характеристике гладкой мускулатуры кишечной трубки (определяемой в значительной степени симпатической и парасимпатической нервной системой) в связи с типом дыхания и его сменой лежит через центральную нервную систему (в основном дыхательный центр).

Из приведенных опытов мы видим, что первично наступающие при метаморфозе амфибий изменения жаберного аппарата дают в дальнейшем отчетливые изменения в физиологической характеристике кишечного тракта, и это касается порогов чувствительности к симпатикотропным и ваготропным веществам.

Влияние метаморфоза амфибий, как известно, захватывает огромный ком-

плекс органов и систем организма. В этом большом комплексе для нас должна иметь особое значение характеристика отдельных звеньев. Опытами ряда авторов показаны отчетливые морфологические изменения кишечника, наступающие при метаморфозе амфибий, макроскопически выражающиеся в укорочении его, а также, как показали опыты Лима, в заметных сдвигах гистологических структур желудочно-кишечного тракта. Специально опытами Л. Я. Бляхера показан наиболее высокий порог чувствительности кишечника к тироксину при метаморфозе в сравнении с другими органами. В шкале чувствительности к тироксину ряда органов и систем, вовлекаемых в процессе метаморфоза, кишечник стоит на первом месте. Очевидно и по этим опытам, что в кишечнике мы имеем систему, наиболее быстро вовлекаемую в процесс метаморфоза, как систему, генетически связанную с жаберным аппаратом и щитовидной железой. Такого порядка коррелятивную связь естественно считать корреляцией 1-го порядка. Корреляции 1-го порядка, таким образом, являются корреляциями между первичными, ведущими звеньями процесса (щитовидная железа, жабры в нашем случае) и системами, связанными с ними в онто- и филогенезе (кишечник в нашем случае). Рядом с ними, как звенья одной и той же цепи, имеют место корреляции следующих порядков по линии органов, функционально и топографически связанных с органами корреляций 1-го порядка. Раскрытие этих дальнейших звеньев корреляции приводит нас к пониманию сложной картины взаимосвязи всех органов и систем организма. Однако, установление первичных звеньев коррелятивных связей при этом является необходимым.

В случае метаморфоза амфибий явления наступающие в кишечнике, касающиеся, как показывают наши исследования, изменения порогов чувствительности к симпатикотропным и ваготропным веществам, в дальнейшем могут вызвать по соответствующим нервным путям изменения в мускулатуре хвоста и туловища. Физиологические исследования

последних лет (в особенности убедительно школой Орбели) показали интимную функциональную связь через короткие нервные пути между кишечником и скелетной мускулатурой.

По исследованиям Л. Бляхера, хвост имеет при метаморфозе вдвое больший порог раздражения к тироксину, чем кишечник; еще большим порогом обладают туловище, ротовые части, передние ноги.

Новые исследования в области явления регенерации показывают огромную роль симпатической нервной системы в ходе регенеративных процессов у амфибий. Именно эти три линии различных научных исследований, а также наши данные позволяют нам делать предположение о том, что в процессе метаморфоза имеет место цепной процесс, где вслед за первичными процессами, возникшими в системе дериватов кишечной трубки (щитовидная железа, жабры, кишечник), наступают изменения в других органах и системах, и в первую очередь в хвостовой и туловищной мускулатуре, очевидно по путям существующих нервных связей кишечника с мускулатурой тела.

Остановимся еще на одном примере, касающемся физиологии отделов кишечного тракта речного рака и отношения частей его друг к другу, для того, чтоб развить дальше наши мысли о физиологической корреляции.

Известно, что передний и задний отдел кишечной трубки рака, желудок и конечная кишка имеют эктодермальное происхождение, являясь дериватами эпибласта, в то время как средний отдел кишечной трубки (средняя кишка, железа средней кишки, — так наз. „печень“) имеет эктодермальное происхождение, являясь дериватом гипобласта. Опыты, проведенные в нашей лаборатории (Ф. Д. Василенко), показали, что при раздражении окологлоточной комиссуры наряду с сокращением мышц клешни рака наступает также повышение тонуса гладкой мускулатуры отделов кишечника эктодермального происхождения.

Средний участок кишечного тракта, образовавшийся из совершенно иного зачатка (гипобласта) входит в связь,

в процессе эмбрионального развития, с передним и задним отделами кишечной трубки, образовавшимися из эпибласта. Таким образом, разные по своему происхождению элементы в эмбриональном развитии входят в морфо-физиологическую связь; возникает система, вмещающая в себе элементы с различным происхождением, но представляющая собой единую координированно работающую систему; в этой системе процессы в одном отделе тесно связаны с процессами в другом, имеющем иное происхождение, но включенном в морфо-физиологическую цепь в эмбриональном развитии.

Этот пример мы приводим для того, чтобы показать, что функциональная корреляция в нашем понимании предполагает необходимость учета истории развития отдельных элементов, входящих в состав сложных систем и органов организма. Это важно для того, чтобы правильно понимать роль отдельных элементов и их соотношения. Так, в приведенном примере специально стоит вопрос о выяснении особенностей физиологии средней кишки речного рака, наряду с чертами функционирования общими участкам кишечного тракта другого происхождения, с которыми средняя кишка составляет морфо-физиологическое целое.

Корреляцию, очевидно, нужно понимать широко, но при этом надо строго исходить из данных сравнительной анатомии и в особенности эмбриологии всех основных звеньев дериватов тех или иных первичных образований и связанных с ними других образований.

О какой строгости подхода идет речь при этом? Поясним примером: само собой разумеется, что, напр., приводимые данные, выводы из них и схема дальнейших исследований в отношении дыхательных органов и кишечника правомочны только лишь для тех линий развития, где дыхательный аппарат является дериватом кишечной трубки. Должен быть иной подход, должны иметь место иные поиски физиологических корреляций в отношении одной из названных выше систем (дыхательные органы) в тех случаях (широко распространенных), когда эти органы являются де-

риватами иных биологических образований, наприм. эктодермы (трахеи насекомых, легочные полости улиток и т. д.), так же, как удаётся раскрыть иные пути корреляции для отделов кишечника, имеющих эктодермальное происхождение (рак).

Именно при такой постановке вопроса может быть осмыслен (отчасти и выброшен, как случайный) тот эмпирический багаж в физиологии, который возникает в итоге слепых опытов влияния одного на другое, опытов по так наз. „корреляции“ физиологических процессов, опытов, в которых учитывается все, и лишь изредка именно эта биологическая сторона взаимосвязи явлений.

Совершенно понятно, что описываемую нами форму корреляции надо понимать, как дополнение к существующим биологическим представлениям о корреляциях; однако, смысл его в том, что физиологическое исследование еще не шло в должной мере именно по этому пути, и в том, что она (эта форма корреляции) покоится на исторической связи изучаемых систем и органов (и их функций).

Представление о функциональной корреляции Плате, трактующее собственно о гумморальной корреляции физиологов, само нуждается в исследовании вопроса в указываемом направлении. Ибо представление о функциональной корреляции по Плате, выражаясь словами Северцова, „понятие не историческое, а статическое“. Разработка вопроса о гумморальных регуляциях в организме (пример функциональной корреляции Плате), именно потому разрослось в систему противоречивых фактов и взаимоисключающих обобщений современной эндокринологии, что явления берутся в их статической форме, без попытки анализа вопроса об истории развития этих безусловно важных гумморальных связей в организме. И путь к этому — изучение этих явлений на базе связей систем и органов в истории их развития. Лишь намечаются проблемы сравнительной эндокринологии, лишь развертывается работа по сравнительной механике развития. А, вероятно, это один из первых шагов на пути к этому большому делу.

Физиология, хотя и иными путями, подготовлена к исследованию закономерностей взаимоотношений органов и систем и их функциональных отправлений; она уже имеет немало примеров корреляций генетически родственных систем. Задача состоит в том, чтобы дальнейшие поиски в этом направлении находили себе ответ в истории развития животных. Это и должно составить задачу исследований корреляций в физиологии, как главы науки об истории развития функций.

Включение этого пути исследования в общую задачу эволюционных исследований в физиологии обязательно еще и потому, что одной из важных конкретных проблем эволюционной науки является проблема истории развития коррелятивных связей.

„С исторической, т. е. филогенетической точки зрения, — пишет Северцов

(1931) — мы должны поставить вопрос, как развивались и изменялись координационные пары или координационные цепи во времени, т. е. как из координации предшественника образовались новые координации потомков“.

Трудно отрицать для современной физиологии значимость этой актуальной задачи; нельзя не признаться вместе с тем, что физиологи до сих пор этих задач для разработки не ставили вовсе, или ставили их крайне мало. Между тем, историческое исследование проблемы корреляции должно дать выход из тех противоречий, которые накопились в физиологии по вопросам корреляций в организме.

Надо смело и решительно искать путей в направлении этих работ, не останавливаясь перед трудностями, связанными с необходимостью конкретной связи с эволюционной морфологией.

МУТАЦИОННАЯ ТЕОРИЯ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ОПУХОЛЕЙ В СВЕТЕ ИЗУЧЕНИЯ ОПУХОЛЕЙ И ГАЛЛОВ У РАСТЕНИЙ¹

Д-р ДОНЧО КОСТОВ (D-r DONCHO KOSTOFF)

Работы в области морфологии, физиологии и цитологии раковых опухолей, трансплантация их и изучение в культурах тканей, равно как и образование опухолей под влиянием различных агентов, хотя и пролили некоторый свет на природу рака, но все же еще не разрешили этой проблемы.

В настоящее время проблема рака вышла уже из рамок патологии и является предметом изучения общей биологии. Патологи, физиологи, биохимики, гистологи и генетики привлечены к изучению рака у человека, животных и растений. Патологи, изучая происхождение раковых опухолей, долгое время считали их результатом дея-

тельности каких-то паразитов. В некоторых случаях такие паразиты действительно были найдены, но в большинстве случаев их обнаружить не удалось.

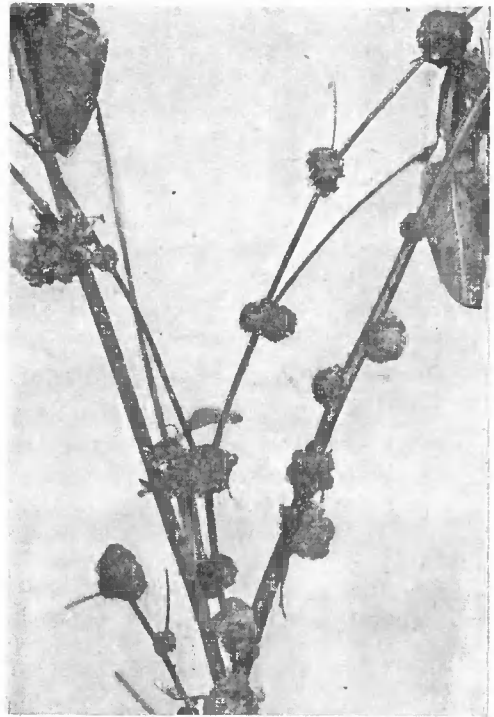
Галлы у растений, независимо от того, какими паразитами они вызываются и какие они имеют гистологические и морфологические структуры, представляют собой пролиферацию тканей, цитологические структуры которых подобны наблюдающимся в раковых опухолях человека и животных. В особенности это относится к галлам, вызываемым *Bacterium tumefaciens*. Но мы знаем сейчас также опухоли не паразитической природы, которые появляются у некоторых межвидовых гибридов растений (Kostoff, 1930, 1931), причем эти опухоли тоже удивительно похожи на спонтанные опухоли у человека и животных. Таким образом как в расти-

¹ Настоящая статья, написанная для № 1 „Природы“, посвященного Ленину и XVII партсъезду, наряду с другими статьями не вошла в номер по техническим условиям.

тельном, так и в животном царствах наблюдается образование как паразитических, так и не-паразитических опухолей.

Часто возникает вопрос о правильности применения термина „рак“ для опухолей у растений. Многие исследователи (Jenssen, Smith, Levine, Stapp etc.) обнаружившие сходство опухолей у растений с опухолями у животных, настаивают на применении термина „рак“ для случаев пролиферации опухолей у растений. Однако, некоторые патологи решительно протестуют против общности рака у растений и животных. Между тем существование спонтанно появляющихся не-паразитических опухолей у растений, подобным опухолям у животных, говорит в пользу первого мнения. Сходство цитологических структур этих опухолей у животных и растений особенно очевидно. Мы не можем, конечно, сказать, что рак у человека и животных совершенно идентичен не-паразитическим опухолям, спонтанно появляющимся у гибридов растений, или растительным опухолям, возникающим под влиянием различных агентов (Smith, 1917; Kendall, 1930; Kostoff, 1931; Kostoff and Kendall, 1933), ибо мы не можем идентифицировать животную и растительную клетку, у которых имеются некоторые различия структурного и функционального порядка. Но мы можем утверждать, что они сходны, поскольку, и общи большинство структур и физиологических функций. Различия в клетках нормальной растительной ткани и из опухоли очень походят на различия между клеткой из нормальной ткани человека или животного и из раковой опухоли. В этом смысле надо понимать применение термина „рак“, к случаям пролиферации тканей у растений. Это сходство будет видно еще лучше после того, как мы рассмотрим морфологию, цитологию и возникновение опухолей у растений и сравним их с раком у животных.

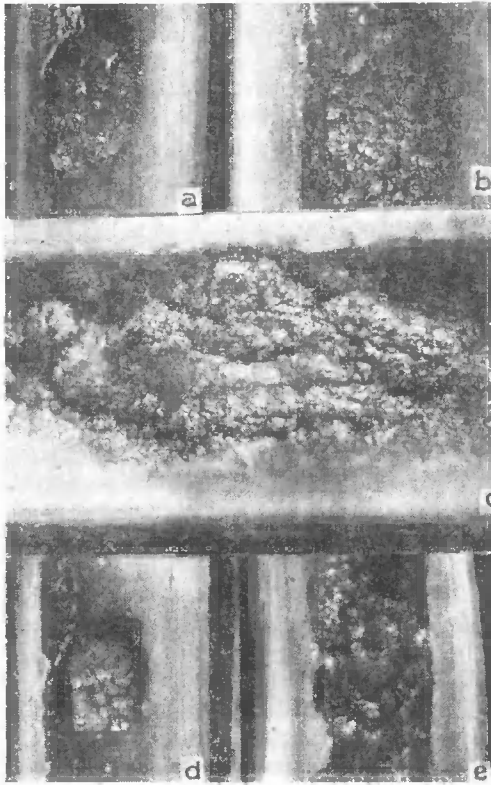
Не-паразитические опухоли у гибридов растений и вызванные экспериментально различными агентами представляют значительно больший интерес для канцеролога и генетика, чем опухоли у растений, вызываемые парази-



Фиг. 1. Спонтанные опухоли на гибриде *N. glauca* × *N. Langsdorffii* после периода цветения.

тами. Последние, однако, дают очень ценные данные для обобщения некоторых цитологических структур и физиологических явлений, встречающихся как в паразитических, так и в не-паразитических опухолях.

Спонтанное образование фасциаций или опухолевых пролифераций у растений наблюдалось у междувидовых гибридов табака, *Crepis* и др., но наиболее подробно это явление изучено у гибридов табака (Kostoff, 1930, 1930—1931, 1931). Образование опухолей и уродства не в одинаковой степени свойственно всем междувидовым гибридам в пределах рода *Nicotiana*. Так, например, потомство от некоторых скрещиваний (*Nicotiana glauca* × *N. Langsdorffii*, *N. Paniculata* × *N. Langsdorffii*, *N. Tabacum* var. *wigandoides* × *N. Sanderæ*, *N. rustica* var. *humilis* × *N. Sanderæ*, *N. rustica* var. *humilis* × *N. alata*, *N. rustica* × *N. Cavanilessii* etc.) обнаруживает образование раковых пролифераций так часто и в таком изобилии, что очень



Фиг. 2. Опухоли, образовавшиеся вследствие инъектирования различных химикалиев в полый стебель *Ricinus communis*:

а — вследствие инъекции мочевины 1:100; б — молочной кислоты 1:800; в — экстракта из дегтя; д — As_2O_3 — 1:500; е — экстракта из анилина.

многие растения погибают не достигшими зрелости. Потомство же других скрещиваний (как, напр., *N. Tabacum* × *N. glauca*, *N. glauca* × *N. Sanderiae*, *N. Sanderiae* × *Langsdorffii*, *N. alata* × *N. Langsdorffii*, *N. Tabacum* × *N. paniculata*, *N. paniculata* × *N. glauca* etc.) либо вовсе не обнаруживает образования опухолей, либо же последние наблюдаются очень редко. Гибриды, образующие опухоли, отличаются друг от друга по форме опухолей, величине и степени их выраженности. Некоторые гибриды образуют опухоли на корнях, другие на стеблях, наконец, третьи даже на листьях.

Изучение гистологии и цитологии опухолей, образующихся у гибридов, показало, что причиной образования их не являются какие-либо паразитические организмы. Попытки паразитологов

найти и изолировать таких паразитов оказались безуспешными. Опухоли гибридных растений могут, следовательно, рассматриваться как не-паразитические. Гибриды, которым свойственно образование опухолей, образуют последние независимо от географических условий произрастания, времени года и других внешних влияний. Другими словами, причины образования опухолей являются внутренними, а не внешними. При межвидовой гибридизации происходит соединение двух различных генотипов, в большей или меньшей степени отличных друг от друга по своему строению. В результате взаимодействия этих генотипов друг с другом, возникают, по видимому, процессы благоприятствующие образованию опухолей.

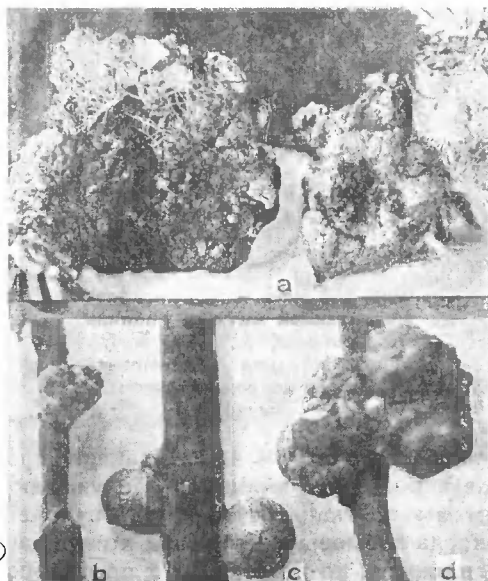
У животных опухоли неоднократно вызывались действием различных химических агентов (деготь, анилин, мышьяковая кислота и др.). Растительные организмы реагируют на эти раздражители подобным же образом. Это было показано в целом ряде опытов, в которых были испытаны определенные концентрации самых различных химикалий путем инъектирования последних в полый стебель *Ricinus communis*. Таким путем были испытаны молочная, муравьиная, винная и мышьяковая кислоты, мочевины, формалин, алкоголь, анилин, деготь, эфир, $Zn(NO_3)_2$, $(NH_4)_2CO_3$, экстракт крепкого перца, экстракт из *Ricinus*, нормальная и иммунная кровяная сыворотка кролика и ряд других органических и неорганических веществ (Kostoff, 1931; Kostoff and Kendall, 1933). Некоторые из перечисленных веществ инъектировались также в стебли гороха и люпина (Kendall, 1930).

Прежде чем приступить к описанию гистологии и цитологии опухолей, образующихся у гибридов и вызванных воздействием различных агентов, мы кратко рассмотрим еще один тип опухолей, являющихся результатом деятельности различных паразитов. Такие опухоли называются галлами. О галлах у растений в настоящее время имеется более богатая литература, чем об опухолях спонтанных и искусственно вызванных. Malpighi (1686) и Beyerinck (1883) были первыми исследователями в области

изучения галлов у растений. Исследования этих авторов впоследствии были продолжены целым рядом ученых (Küster, Nêmes, Smith, Magnus, Weidel, Rosen и др. Более подробно литература приведена у Küster, 1930, и у Kostoff and Kendall, 1929). В то время как внешняя морфология растительных галлов очень разнообразна, гистологическая структура их за немногими исключениями оказывается весьма сходной. Цитология галлов подобна цитологии опухолей, вызванных искусственным путем и появляющихся спонтанно у гибридных растений, причем многие черты их цитологического строения оказываются общими с наблюдавшимися в раковых опухолях человека.

Морфологическое, гистологическое и цитологическое строение опухолей у гибридов сильно напоминает строение опухолей у растительных галлов, вызываемых *Bacterium tumefaciens*. Опухоли, полученные экспериментально действием химикалий, тоже во многих отношениях очень походят на галлы, вызванные различными бактериями, хотя в них и нет никаких бактерий. Цитология этих опухолей очень подобна цитологии галлов, вызванных различными паразитами. Хотя нас, главным образом, интересует строение опухолей, образующихся у гибридов и, в меньшей степени, вызванных экспериментально, мы коснемся все же рассмотрения гистологии и цитологии растительных галлов в тех случаях, когда оно является общим с первыми двумя типами опухолей.

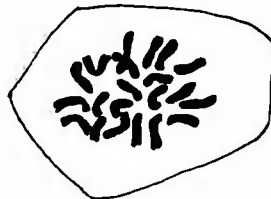
Гибридные и экспериментально вызванные опухоли обычно представляют собой массу паренхиматозной ткани с ненормально дифференцированными уплотненными клетками. У высоко организованных галлов *Cynipidae*, образующихся на дубе, паренхиматозные клетки, составляющие тело опухоли, образуют особые структуры, как то: „питательную зону“, „склерифицированную зону“ и „паренхиматозную зону“ (Beyerinck, 1883; Weidel, 1911; Cosens, 1912; Kostoff and Kendall, 1929). В опухолях так же, как и в галлах, наблюдается обильная аккумуляция крахмала, образуются кристаллы солей или происходит отложение танина. В некото-



Фиг. 3. Опухоли, полученные вследствие заражения *Bacterium tumefaciens*:

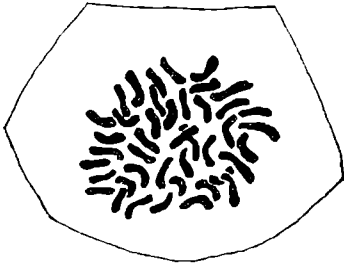
a — в сахарной свекле; b — в табаке; c — в *Ricinus*; d — в *Pelargonium*.

рых случаях определенные части галлов и опухолей состоят из сильно гипертрофированных клеток с большим количеством цитоплазмы. Ядро клеток из опухолей ведет себя различно. Во многих случаях оно тоже гипертрофировано, хроматин имеет сетчатую структуру, причем обычно более интенсивно окрашивается железным гематоксилином по сравнению с ядрами нормальных клеток.



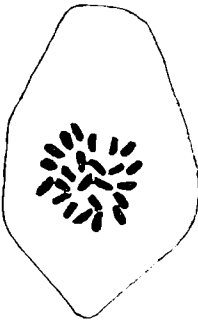
Фиг. 4. Соматическая метафаза в спонтанной опухоли гибрида *N. glauca* × *N. Langsdorffii*, с двадцатью одной хромосомой (нормальное соматическое число).

В некоторых галлах, так же как и в некротических областях опухолей гибридов, наблюдается постепенный распад оболочки ядра, и масса хроматина обна-



Фиг. 5. Соматическая метафаза в спонтанной опухоли гибрида *N. glauca* × *N. Langsdorffii* с сорока двумя хромосомами (удвоенное соматическое число).

руживает структуры, напоминающие профазы. Большого внимания заслуживают митозы в тканях галлов и опухолей. Иногда хромозы в метафазе хотя и расщепляются, но не отходят к противоположным полюсам клетки и образуют одно ядро с двойным числом хромозом. Анафаза тоже часто протекает ненормально — хромозомы, хотя и начинают расходиться, но остаются очень близко от экватора и никогда не достигают полюсов митотического веретена. В последнем случае тоже образуется одно ядро с двойным числом хромозом. Если же хромозомы в анафазе расходятся несколько дальше от экватора, но все же

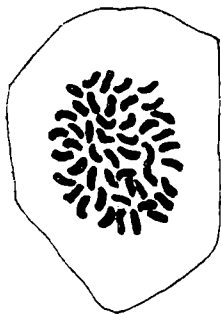


Фиг. 6. Соматическая метафаза в опухоли томата, вызванная заражением *Bacterium tumefaciens* с двадцатью четырьмя хромосомами (нормальное соматическое число).

до полюсов клетки не доходят, то в этих случаях образуется двухядерная клетка, так как не происходит деления протоплазмы. Если в этих клетках происходят последующие митозы, в кото-

рых повторяются описанные неправильности, то возникают четырехядерные клетки. Полиплоидные и многоядерные клетки очень часто встречаются как в опулях, так и в галлах. Помимо описанных ненормальностей имеют место также другие нарушения в митотических картинах. В некоторых делящихся клетках на стадии поздней анафазы отдельные хромозомы или даже группы хромозом остаются в веретене. Такие ненормальности часто приводят к неправильному распределению хромозом, в результате чего образуются ядра с ненормальным числом хромозом. Иногда оставшиеся в веретене хромозомы образуют третье ядро (микронуклеус) с небольшим числом хромозом. Если в митотическом веретене остается много хромозом, то иногда образуются 8-образные ядра с двойным числом хромозом. Когда в галлах были впервые обнаружены такие ядра, они интерпретировались, как фигуры амитотического деления. Такие же картины наблюдаются и в раковых опухолях у человека. Иногда в опухолях, а особенно в галлах, имеют место также и другие явления, напоминающие амитотические деления ядер. В галлах, вызываемых некоторыми круглыми червями (*Nematodae*), многоядерные клетки встречаются особенно часто, причем иногда попадаются клетки, содержащие более тридцати ядер. Под влиянием деятельности паразита ядерная оболочка во многих ядрах начинает исчезать и хроматиновая масса отдельных ядер, очень интенсивно окрашивающаяся железным гематоксилином, принимает форму крупных амебовидных тел с многочисленными ядрышками. Когда хроматиновые массы двух таких ядер сливаются, образуются восьмеркообразные фигуры, напоминающие амитотические деления ядер. Как только что указывалось, образующиеся таким образом хроматиновые массы имеют многочисленные ядрышки, роли которых мы в настоящее время еще не знаем. Некоторые исследователи находят, что эти ядрышки имеют какое-то отношение к хромозомам и к наследственному веществу; другие же видят в них только продукты метаболизма. Де-Моль обнаружил, что число ядрышек увеличи-

вается в полиплоидных клетках. Такое же увеличение числа ядрышек имеет место в клетках опухолей и галлов. Однако, мы не имеем все же данных по вопросу о том, что является причиной образования большого числа ядрышек — полиплоидия или нарушенные метаболические процессы.

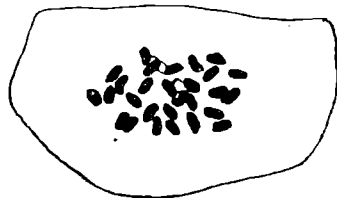


Фиг. 7. Соматическая метафаза в опухоли томата, вызванная заражением *Bacterium tumefaciens* с сорока восемью хромосомами (удвоенное число хромосом).

Хромосомы в клетках галлов и опухолей более или менее укорочены по сравнению с хромосомами в нормальных тканях. Это укорочение часто бывает столь сильным, что форма хромосом из палочкообразной превращается в яйцевидную или даже сферическую, напоминающую форму хромосом в клетках пыльцы и эмбриосака.¹ Очень типичное укорочение хромосом наблюдалось в галлах на дубе, вызванных *Cynipidae* (Kostoff and Kendall, 1929) и в некротических частях опухолей появляющихся у гибридов между *Nicotiana glauca* × *N. Langsdorffii* (Kostoff, 1930). По видимому, укорочение хромосом является общим явлением в случаях, когда митоз протекает в ненормальных условиях. В пользу этого предположения говорит тот факт, что укорочение хромосом наблюдается при воздействии на растение различными химикалиями, температурой, поранениями и т. п. (Nemes, Sakamura, Kostoff, Kendall, Delauney, Sarana). Приходится, следовательно, сделать вывод, что внешние

условия могут оказывать влияние на длину хромосом.

В результате рассмотрения цитологического строения опухолей и галлов мы можем установить в их строении общие черты с раковыми опухолями у животных и человека. В растительных опухолях и галлах происходит обильное отложение крахмала, в раковых же клетках человека и животных скапливается гликоген (Sokoloff, Robert). Представляется также интересным явление гипертрофии клеток и ядер в животных и растительных опухолях и в галлах. Однако, наибольший интерес представляет наблюдающееся в таких клетках непостоянство числа хромосом, которое послужило для многих биологов основанием для построения рабочих гипотез, объясняющих этиологию и природу опухолей. Цитология опухолей у животных оказывается в этом отношении чрезвычайно похожей, если не идентичной, с цитологией в галлах и у опухолей, появляющихся у гибридных растений. Это сходство видно особенно хорошо при изучении цитологического строения растительных галлов, вызванных *Bacterium tumefaciens*. Согласно исследованиям Levine, Winge, Kemp и др., митозы в раковых опухолях протекают неправильно; причем эти неправильности приводят к образованию клеток с ненормальным числом хромосом (полиплоидия, гетероплоидия, многоядерность).



Фиг. 8. Метафаза в спонтанной опухоли гибрида *N. glauca* × *N. Langsdorffii*, имеет около тридцати хромосом, находится непосредственно около некротической зоны. Хромосомы сильно укорочены.

Прежде чем приступить к рассмотрению теории, пытающейся объяснить этиологию и природу животных и растительных опухолей происшедшей мута-

¹ Эмбриосак — зародышевый мешок.

дней, мы кратко остановимся на некоторых других важных фактах, главным образом из области физиологии и биохимии опухолей. Так как все эти факты подробно рассматриваются в работах Levine (1928), Melowan (1932) и др., то в этой статье мы не станем вдаваться в детали, а упомянем только те моменты, которые помогают нам понять природу рака. Так, например, проницаемость, температура, концентрация рН, содержание липоидов, соотношение К и Са и пр. оказывается различными в нормальных тканях и в опухолях. Важным явлением в опухолях является процесс анаэробного гликолиза (Warburg, 1924). Так, например, в тканях саркомы в аэробных условиях каждый час образуется 8% молочной кислоты по отношению к весу всей опухоли, в анаэробных же условиях количество вырабатываемой молочной кислоты доходит до 12%. Другим важным моментом является тот факт, что X-лучи, являющиеся одним из лучших агентов, вызывающих раковые опухоли у животных, вызывают ненормальности в митозах и в мейозисе¹ как у животных, так и растений (согласно Komuro, X-лучи вызывают опухоли также и у растений). Деготь, анилин, мышьяковая кислота являются также агентами, вызывающими опухоли у растений и животных. Все эти агенты в различной степени преципитируют² растительные экстракты. Деготь, являющийся одним из наиболее сильных агентов, вызывающих рак у животных и растений, содержит в себе растворимые в воде вещества, которые очень сильно преципитируют кровяную сыворотку кролика и слегка агглютинируют красные кровяные шарики (Kostoff, 1931). Все химикалии, употребляемые для вызывания опухолей у растений (Kostoff, 1931), останавливают протоплазматические токи у *Petunia*. Кроме того, заслуживают быть отмеченным повышение вязкости цитоплазмы в клетках опухолей растительных гибридов и галлов (Kostoff and Kendall, 1930) и повышение проницаемости растительных тканей под влиянием действия некоторых веществ

(Magistris and Schäffer, 1929; Gellhorn, 1929 и др.).

Наконец, мы должны отметить, что образование спонтанных опухолей у гибридных организмов встречается не только у растений, но и у животных. Poll (1920) описал такие случаи у птиц и Kosswig (1929) у рыб. Спонтанные опухоли у человека и у растительных гибридов более часто возникают у старых организмов, тогда как галлами поражаются обыкновенно молодые ткани растений.

В настоящее время мы имеем большое число гипотез для объяснения происхождения спонтанных, не-паразитических опухолей, но ни одна из них не дает удовлетворительного объяснения всех раковых явлений. Мы не станем дискутировать здесь все существующие гипотезы; отметим лишь, что в последние годы происхождение рака рассматривается часто с генетической точки зрения.

Slye и Leo Loeb высказывали предположение, что рак обуславливается единственной менделевской парой генов; однако, дальнейшие исследования Little'я показали, что природа рака много сложнее. Другая гипотеза принадлежит Voveri, который допускал, что причиной образования опухолей является появление клеток с ненормальным хромозомальным комплексом. Основанием для этой гипотезы послужил тот факт, что в раковых опухолях очень часто встречаются клетки с ненормальной конституцией хромозом. Гипотеза Voveri позже была снова выдвинута Winge (1927, 1930), изучавшим цитологическое строение галлов у свеклы и опухолей у мышей. Этот исследователь тоже нашел в опухолях многочисленные клетки с полиплоидными и ненормальными числами хромозом. В своих первых работах Winge усматривал причину рака в полиплоидности. С его точки зрения рост полиплоидных участков ткани происходит быстрее, так как они имеют вдвое больше генов, чем нормальные диплоидные ткани. В последних работах Winge придает значение также и ненормальным физиологическим условиям.

Недавно Bauer (1928) в своей книге „Мутационная теория образования опу-

¹ Мейозис — деление созревания половых клеток.

² Преципитируют — осаждают.

холей“ пытался связать гипотезу Boveri-Winge с опытами Мёллера по вызыванию мутаций действием X-лучей. Согласно Бауэру, опухоли представляют собой соматические мутации, которые могут быть очень разнообразными. В пользу этого предположения говорит то обстоятельство, что X-лучи являются одновременно лучшим агентом для вызывания мутаций и экспериментальных опухолей. Под термином „мутация“ Бауэр понимает не только генные мутации, но и хромозомальные изменения. Из его книги создается впечатление, что хромозомальным изменениям автор придает больше значения, чем генным мутациям. При помощи схемы нерасхождения хромозом, Бауэр пытается показать, как могут возникнуть хромозомальные aberrации и клетки с нежизнеспособными комбинациями хромозом. Бауэр не предполагал, что рак передается по наследству, он пишет: „Не существует наследственной передачи рака в точном смысле этого выражения, ибо не существует менделевских генов, при помощи которых заболевание могло бы передаваться по наследству. Речь может идти только о наследовании склонности тканей образовывать опухоли при соответствующих внешних условиях“.

Однако, Бауэр так же, как и Boveri и Winge, забывает, что хромозомальные aberrации и полиплоидия не всегда связаны с образованием опухолей. Известно достаточно большое число организмов с различными хромозомальными aberrациями, хромозомальными гимерами или содержащими 3, 4, 5 и более целых геномов и не образующих опухолей. Если ненормального числа хромозом достаточно для образования опухоли, то у таких организмов последние должны были бы встречаться. Наличие в опухолях клеток с полиплоидным или aberrантным числом хромозом скорее может рассматриваться как результат условий, возникающих в самих опухолях, а не как причина последних. Другими словами, эти явления вторичны, а не первичны. Такой вывод кажется нам более вероятным, если иметь в виду, что огромное большинство клеток в опухолях являются совершенно нормальными в отношении содержащегося

в них числа хромозом. Таким образом, опухоли не являются, повидимому, соматическими мутациями, как это предполагал Бауэр. Опухоли имеют клетки как с нормальным диплоидным числом хромозом, так и aberrантным. В клетках человека содержится, например, 48 хромозом. Levine нашел в клетках раковых опухолей человека 23—24, 47—48, 94—96 и даже около 200 хромозом. В спонтанных опухолях гибридов между *Nicotiana glauca* и *N. Langsdorffii* нами были найдены клетки, содержащие вместо обычных 21 хромозом 28—30 и даже 42 хромозомы. Различное число хромозом описывалось также Winge в клетках опухолей у мышей.

Могут ли какие-либо ненормальности в хромозомах быть специфичными для опухолей? В опухолях происходит нерасхождение хромозом, в результате чего возникают клетки с числом хромозом $2n + a$ и $2n - a$ или $2n + b$ и $2n - b$ и т. д. Быть может, какая-нибудь из таких клеток имеет генный баланс, специфичный для опухоли? Данные, которыми мы располагаем, говорят, что изменения в наборе хромозом в клетках опухолей могут быть очень разнообразными, и, следовательно, мы не имеем основания предполагать, что только определенные из этих изменений являются специфичными для опухолей.

Однако, оставим на время хромозомальные нарушения и обсудим возможность появления опухолей в результате генных мутацией. Можем ли мы объяснить опухоль мутацией одного гена или группы генов? Прежде чем ответить на этот вопрос, мы должны обсудить, логично ли предполагать здесь мутацию одного или группы генов. Из генетической литературы мы знаем, что соматические мутации не возникают так часто, как опухоли. Это особенно относится к человеку. Если опухоли обуславливаются мутациями, то каждый гибрид первого поколения от скрещивания, напр. *N. glauca* × *N. Langsdorffii* и *N. paniculata* × *N. Langsdorffii* должен быть соматической мутацией, потому что каждое растение в потомстве этих скрещиваний (особенно в пер-

вом) образует спонтанные опухоли в конце периода цветения или даже еще раньше. То же, самое должно иметь место у гибридов птиц и рыб, у которых тоже иногда наблюдается образование опухолей. Более того, если мы предположим, что каждая опухоль есть соматическая мутация, то мы должны допустить, что каждое растение первого поколения имеет соматические мутации в 200 или даже более местах, ибо на одном растении часто образуется более 200 опухолей. Перенос клеток опухоли в другие части растения (метастазы), подобно тому, как это происходит

у животных и человека, не может иметь места у растений, благодаря иной анатомической структуре последних. Следовательно, опухоли не могут быть интерпретированы, как результат генной или генных мутаций.

Исследование природы растительных опухолей, особенно возникающих спонтанно у растительных гибридов (а в некоторых случаях и у животных), хотя еще и не разрешило проблемы рака, но оно пролило свет на природу опухолей и позволило исправить некоторые ошибочные концепции и гипотезы.

10 ЛЕТ СОВЕТСКИХ РАБОТ ПО ПАЛЕОЛИТУ

Г. А. БОНЧ-ОСМОЛОВСКИЙ

Изучение палеолита на территории СССР сделало за последние годы большие успехи.

До революции, на протяжении свыше, чем 50 лет, в результате работ отдельных исследователей, было открыто около 20 палеолитических местонахождений.¹ Большинство этих открытий относилось к восьмидесятым годам прошлого века.

В последующие годы, в связи с наступившей политической реакцией, интерес к ним значительно ослабел, удачно начатые исследования остались незаконченными, и сведения о них, за редкими исключениями, не проникли в общую литературу. Известное оживление в этой области связывается с именем покойного проф. Ф. К. Волкова, начавшего в 1905 г. курс лекций по доисторической археологии в Ленинградском Университете. Группа его учеников составляет в на-

стоящее время основное ядро исследователей палеолита.

Планомерные систематические исследования начались только после Октябрьской революции и связаны с культурным возрождением страны и плановой организацией научно-исследовательской работы.

За истекшие 10 лет (первые раскопки относятся к 1922 и 1923 гг.) было произведено много новых открытий, значительно пополнивших сведения о древнем каменном веке нашей страны и позволивших наметить общие этапы его развития.

В Белоруссии, на территории которой ранее совсем не были известны остатки палеолитического человека, К. М. Поликарповичем открыты и частично раскопаны пять местонахождений. Из них два — Бердыж и Юровичи относятся повидимому к раннему солютре, Елисеевичи¹ к мадлену; время двух остальных осталось точнее не определенным.

¹ Мустьерские стоянки: Волчий грот в Крыму, Ильская на Кубани. Верхнепалеолитические: Гонцы, б. Полтавской губ., Карачарово, б. Владимирской, Костенки — б. Воронежской губ., Кирилловская в г. Киеве, Мезин, — б. Черниговской губ. В Крыму — 2 Сюреньских, Качинский, Черкес-Керменские навесы и открытая стоянка Кизил-Коба. В Закавказьи — 4 пещеры (открытые в 1914—1918 гг.) и, наконец, в Сибири стоянки Томская и Афонтова Гора.

¹ Стоянка Елисеевичи расположена уже на территории РСФСР в пограничной с Белоруссией полосе. Однако, географически она примыкает к белорусской группе палеолитических местонахождений.

На Украине, группой молодых работников, во главе с проф. М. Я. Рудинским обследованы многочисленные новые местонахождения: на Днестре — 12 пунктов, Вольны — стоянка Довгиничи, в б. Черниговской губ. — Пушкари, в б. Полтавской губ. — Журавка и в районе Днепростроя — пять стоянок. Всего сейчас на территории Украины известно вместе с открытиями ранее тремя пунктами, 24 местонахождения, относящиеся к различным эпохам верхнего палеолита. К сожалению, большинство из них до сих пор не поддается более точной датировке.

В Крыму систематические исследования произведены Г. А. Бонч-Осмоловским, Н. Л. Эрнстом, А. С. Моисеевым, С. И. Забниным, Б. С. Жуковым и О. Н. Бадером. За последние годы обследовано свыше 400 пещер, открыто и раскопано 7 новых палеолитических и свыше 60 тарденуазских стоянок, и вновь исследованы все ранее известные местонахождения. В общей сумме они дают наиболее полную картину последовательного развития ископаемого человека четвертичного времени на территории Союза.

В Европейской части СССР исследования произведены П. П. Ефименко, С. Н. Замятниным, В. А. Городцовым, М. В. Воеводским и др. В бассейнах реки Дона и верхнего Днепра ими открыты одиннадцать новых местонахождений. П. П. Ефименко кроме того продолжил раскопки давно известной стоянки в с. Костенки.

На Северном Кавказе С. Н. Замятным вновь установлено местонахождение поздне-ашельской (по его датировке — мустьерской) стоянки Ильская, открытой еще в прошлом столетии де-Байем. Ее обстоятельными исследованиями он занимается по настоящее время.

Замятным же частично обработаны материалы из Закавказских пещерных стоянок, раскопанных перед началом войны Р. Шмидтом и С. Круковским. Самостоятельные исследования пещеры Девис-Хвреди произведены грузинским археологом Г. К. Ниорадзе.

Обширные исследования произведены группой научных работников (Ауэрбах, В. И. Громов, Г. П. Сосновский, М. М. Ге-

расимов, Г. Мергарт) в Сибири. В течение десяти лет здесь удалось не только открыть свыше 40 новых местонахождений, но и путем систематического исследования как новых, так и старых стоянок установить три стадии развития сибирского палеолита и даже наметить их стадияльное соотношение с европейскими. Совершенно исключительный интерес представляет открытая М. М. Герасимовым древнейшая в Сибири стоянка Мальта, около Иркутска, в которой, наряду с вполне выраженным инвентарем кремневых орудий, были найдены погребение и чрезвычайно богатая коллекция резной кости и скульптуры.

В общем три стадии Сибирского палеолита соответствуют солютре, мадлеву и азию общеевропейской классификации.

Таким образом, в результате исследований в течение отчетного периода по всему Союзу, вместо известных ранее 20 стоянок, открыто и большей частью тщательно изучено около 90 палеолитических местонахождений и свыше 150 пунктов с тарденуазскими находками.

Но не только количественные успехи являются главным достижением советской науки об ископаемом человеке четвертичного периода. Еще большее значение имеют значительные сдвиги в методике изучения палеолитических местонахождений и переоценке отношения к находимому в них археологическому материалу.

В основу положен комплексный метод исследования стоянок различными специалистами (геологами, палеозоологами, палеоботаниками и археологами), позволяющий в максимальной степени использовать для науки находимые в них материалы.

В этом отношении необходимо отметить, как особое достижение, разработанный А. Ф. Гаммерманн метод определения древесных пород по микропрепаратам углей.

Большое внимание обращалось также на усовершенствование техники раскопок, на точную стратиграфическую и пространственную фиксацию находок. Эти достижения, особенно четко выявившиеся в крымских и сибирских рабо-

тах, позволяют, на основании палеолитических материалов, наметить не только этапы развития первобытного человека, но и реконструировать последовательные изменения физико-географических условий второй половины четвертичного периода.

В методологическом отношении советские археологи отошли от формально-типологической оценки палеолитических материалов, как основного метода исследования. Типологический анализ сохраняет свое значение только как средство первоначальной классификации находок. Археологические материалы рассматриваются ими не как самоцель исследования, а как один из важнейших источников реконструкции этапов развития первобытного общества.

Новая интерпретация материала позволяет советским ученым, на основании учения о стадильности, отказаться от миграций, как решающего момента в насаивании различных палеолитических культур. Последовательные смены культурных комплексов понимаются ими, как местные вариации единого строго закономерного процесса общественного развития, происходящего в тесной связи с изменением естественно-исторических условий.

В общем итоге, палеолит СССР в настоящее время представляется в следующем виде.

Наиболее древняя стадия — аморфная — с атипичным инвентарем обнаружена в гроте Киик-Коба в Крыму. Г. А. Бонч-Осмоловский сопоставляет ее с дошельской и примитивно мустьерской культурами, объединяемыми им, как первоначальный этап индустриальной жизни человека. П. П. Ефименко трактует ее, как первоначальную стадию охотничьего хозяйства, соответствующую позднему ашелю западно-европейской классификации.

Ко второй стадии — поздне-ашельской — относятся верхний слой грота Киик-Коба, пещерные стоянки Чокурча и Волчий грот в Крыму и северо-кавказская открытая стоянка Ильская. Орудия этой стадии характеризуются большим числом двусторонне-обработанных остроконечников типа ля-Микок.

62 В первой из этих стоянок найдено

частично разрушенное неандертальское погребение (кости обеих стоп и голени взрослого и почти полный скелет ребенка в возрасте около 1 года).

Геологически эти стоянки относятся к концу рисс-вюрма или к началу вюрма (отсутствие арктической фауны и флоры, в связи с наличием остатков мамонта и шерстистого носорога). Ефименко и Замятин сопоставляют эту стадию с разбитым мустье, считая двустороннюю обработку локальной вариацией.

К классическому мустье относятся пещера Шайтан-Коба в Крыму и открытая стоянка Деркул на р. Сев. Донец. Их геологический возраст (вюрм) определяется появлением песца (*Vulpes lagopus*).

На территории Союза до сих пор не обнаружено типичной шельской и ашельской культур, хотя некоторые показания на их присутствие все же имеются (находка С. Н. Замятинным ручных рубил на Дону).

Верхне-палеолитические культуры представлены более многочисленными находками.

Типичные ориньякские стоянки найдены только в Крыму и Закавказьи. Нижний ориньяк в его классическом проявлении (переживание мустьерских форм, нуклеовидные орудия, острия типа шательперрон) представлен в нижнем слое скалистого навеса Сюрень I (Крым) и пещ. Гергулис-Клде и Таро-Клде в Закавказьи.

Средний — с типичными горбатыми резами и килевидными скребками — в среднем слое Сюрень I и пещ. Моцамети (*Virchov-höhle*).

Наконец, верхний, характеризующийся остриями гравет и полиэдрическими резами в верхнем слое Сюрень I и пещ. Девис-Хврели (Закавказье).

Палеонтологически ориньякская стадия характеризуется чрезвычайным усилением арктических элементов. В Крыму в это время появляются северный олень (*Rangifer tarandus*), песец (*Vulpes lagopus*), заяц беляк (*Lepus timidus*), и северные птицы; из флоры — береза, сев. рябина и пр. (фауна из большинства закавказских местонахождений неизвестна).

На территории средне-русской равнины до сих пор известна только одна

финально-ориньякская стоянка Боршево I. Зато здесь значительное распространение получают местонахождения солютрейской эпохи. Несмотря на свои локальные особенности стадияльно они вполне соответствуют западно-европейским. Это та же стадия максимального развития охоты с копьем со специальными кремневыми наконечниками. Производительность охоты отражается в огромных скоплениях костей животных (главным образом мамонта).

Фаунистически эти стоянки характеризуются присутствием, кроме мамонта и шерстистого носорога, северных видов (северный олень и песец). Геологически они соответствуют завершению аккумуляции I надпойменной террасы. Инвентарь определяется появлением длинных широких пластинок, солютрейской ретуши и женских статуэток из кости, поразительно напоминающих западно-европейские.

К ранней поре этой стадии должны быть отнесены стоянка Гагарино на Дону, известная по найденным здесь статуэткам, и Бердыж в Белоруссии.

Развитым солютре датируется первая открытая на территории СССР донская стоянка Костенки, в которой в последние годы обнаружены пять скульптурных женских изображений.

К позднему солютре советские археологи причисляют, несмотря на отсутствие солютрейских наконечников, известное местонахождение Мезин, б. Черниговской губ., со стилизованным изображением птиц, богатым геометрическим орнаментом и характерной арктической фауной (*Ovibos moschatus* и *Dicrostonyx torquatus*).

Повидимому к этому же времени относится наиболее ранняя сибирская стоянка Мальта. В ней, в отличие от более поздних стоянок Сибири, найдены, наряду с вполне типичным верхне-палеолитическим комплексом орудий, (много проколов, резов и скребков), исключительно богатая коллекция резной кости. Особенно выделяются выгравированный на бивне рисунок мамонта, 20 женских статуэток, скульптурные изображения летящих птиц и ряд богато орнаментированных украшений. Обращает внимание сходство стиля изображений с одной

стороны с Мезинью, с другой с поздне-ориньякской скульптурой Европы.

К мадленской стадии следует отнести ряд местонахождений как средне-русской равнины, так и Сибири. С геологической точки зрения они соответствуют формированию уступа I надпойменной террасы к современной пойме. Среди фауны отмечается исчезновение шерстистого носорога, уменьшение остатков мамонта и пещера.

Инвентарь стоянок средней русской равнины мало типичен и беден формами. Он не дает прочных оснований для археологической датировки, которая базируется преимущественно на стратиграфии, отсутствии некоторых типов орудий (острия с выемкой, острия гравет) и общем их измельчании.

К более ранней поре мадлена относится стоянка Карачарово на р. Оке, Костенки II, III и IV, возможно Днестровские стоянки (типа Студениц) и Тимоновка (у г. Брянска). В последней найдены гравированные изображения рыб.¹

К более поздней поре — Гонцы, б. Полтавской губ., нижний горизонт Боршево II, и, наконец, к концу мадлена (без мамонта) Боршево II — верхний горизонт, Журавка и, возможно, ряд лесовых стоянок Украины.

Сибирские стоянки этого времени отличаются чрезвычайно архаическим обликом инвентаря, своеобразии которого объясняется исходным материалом (бедность кремнем). Все орудия мустьерского типа сделаны здесь из речных галек различных пород, преимущественно метаморфических сланцев, не поддающихся обычной технике обработки кремня. Попадающиеся же в небольшом числе кремневые орудия имеют обычный для верхнего палеолита характер. В наиболее изученной стоянке этого времени, Афонтова Гора, оказались многочисленные изделия из кости, иглы, шилья, „жезлы начальников“, подвески и наконечники, в том числе и с боковой прорезью.

Местонахождения азильской стадии получают наиболее широкое распространение почти во всей террито-

¹ В. А. Городцов, исследовавший эту стоянку, в настоящее время относит ее к ориньякской эпохе.

рии СССР. Они соответствуют окончательному отступанию последнего ледника (формирование современной поймы). Однако в фауне их сохраняются еще пережитки четвертичных видов — для Крыма гигантский олень (*Cervus megaloceros*) и пещерный лев (*Felis spelaea*). Наряду с ними распространяются дикий кабан и лесная улитка. К развитию азилю с грубыми геометрическими орудиями и гарпунами относятся в Крыму нижние слои скалистых навесов Шан-Коба, Фатьма-Коба и др., в Закавказьи Гварджилас Клде и на Украине некоторые стоянки в верхнем горизонте лесса (Осокоривка, Ямбург?).

Поздним азилом, выделяемым на основании точной стратиграфии крымских пещер, датируются многочисленные находки так называемого Свидерского типа с характерными наконечниками стрел в виде ивового листа. Кроме Крыма (Сюрень II, Шан-Коба) они встречаются на Украине (Смячка), в Белоруссии (Гренск), Московской области (Соболевка) и др. районах, выходя далеко на север за границы обычного распространения более ранних палеолитических стоянок.

В Сибири этой стадии соответствуют некоторые стоянки опять-таки с архаической индустрией, но с азийского типа гарпунами (Верхоленская гора).

Наконец, многочисленные (свыше 150) тарденуазские находки с типичными геометрическими орудиями (мелкие трапеции) покрывают почти всю среднюю часть Русской равнины (бассейны Днепра, Дона, Нижней Волги), заходят в сухие прикаспийские и приаральские степи. В Крыму они в большом числе встречаются на поверхности горного плато — Яйлы. Повсеместно, в сохранившихся в неприкосновенности слоях, они сопровождаются огромным числом раковин *Helix'a*, указывающим на потепление и увлажнение климата.

Все открытые стоянки палеолитического возраста СССР от мустье до мадлена, геологически соответствуют различным фазам формулирования нижней надпойменной террасы (разделяемой в последнее время на две самостоятельных), что позволяет сопоставить их со временем последнего оледенения.

В СССР, как и повсеместно, элементы арктической фауны появляются в четвертичном периоде впервые только начиная с мустьерской эпохи, т. е. с начала последнего оледенения. Сопоставление этого факта с характером распространения стадияльно различных палеолитических стоянок (связь их с границей максимального оледенения) позволяет высказать предположение, что максимальным по размерам было последнее, а не предпоследнее оледенение.

В целом палеолитические стоянки СССР дают в настоящее время почти полную картину развития первобытно-коммунистического общества от древнейшей аморфной стадии, сопоставляемой с дошелльской, до тарденуаза — последнего этапа бродяче-охотничьего палеолитического хозяйства.

До сих пор на нашей территории не установлено присутствие только типичных шелло-ашельских культур.

Несмотря на некоторые различия палеолит СССР стадияльно вполне сходен с западно-европейским. Это приводит к убеждению, что смены различных стадий являются следствием единого исторического процесса, происходившего в тесной связи с последовательными изменениями природных условий и повсеместно подчинявшегося одним и тем же законам общественного развития.

Устанавливаемая строгая закономерность развития палеолитического человека имеет большое теоретическое и практическое значение. В теоретическом отношении она противопоставляется господствующим в настоящее время на Западе буржуазным воззрениям, согласно которым закономерность развития первобытного человека или подменяется племенными или расовыми сменами (теория миграций), или подчиняются по существу метафизическим разделением человечества на различные культурные круги (культурно-историческая школа).

С практической точки зрения закономерность смен палеолитических культур придает остаткам ископаемого человека значение одного из наиболее точных документов для стратиграфического расчленения толщи четвертичных отложений, играющих такую огромную роль в нашем строительстве.

НАЦИОНАЛ-СОЦИАЛИСТЫ „ЧИСТЯТ“ ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ¹

За последние годы внимательный наблюдатель мог заметить, что сравнительно немногие немецкие ученые, математики, физики и химики, примкнули к новым сверхнационалистическим и фашистским течениям. Все значительные представители этих областей знания относились совершенно отрицательно к шовинизму и фашизму. Лишь две крупных величины, Штарк (Stark) и Ленар (Lenard), получившие в свое время нобелевскую премию, стояли близко к националистическому движению. Характерно то, что именно эти два в своей научной области выступали против остальных ученых. Дело в том, что они за последнее время занимались выпадами против новых успешных теорий физики. Ленар писал против теории относительности, а Штарк не хотел признать новую квантовую теорию. Отметим мимоходом ту пикантную подробность, что национал-социалист Ленар является учеником еврея Гертца, открывшего электро-магнитные волны, чьи сочинения были Ленаром изданы и снабжены восторженным предисловием.

Кроме этих двух, тогда не было более или менее значительного физика, разделявшего национал-социалистские взгляды. Исследование причин, почему так случилось, завело бы нас очень далеко. Здесь достаточно отметить лишь то, что естественные науки в своем современном развитии заставляют пройти хорошую школу рационального мышления и оставляют мало места для расовой мистики в духе Гюнтера (Günther).

Тот факт, что национал-социалисты не имеют среди естествоиспытателей каких-либо значительных приверженцев, был достаточен для того, чтобы в „третьей империи“ превратить естественные науки в пасынков. Это было об-

условлено также и тем обстоятельством, что среди ведущих ученых находилось немало евреев. „Чистка“ производилась фельдфебельскими приемами без всякой заботы о том, останется ли что-либо после чистки. „Спецем“ по этим вопросам чистки был у министра народного просвещения Руста вышеуказанный профессор Штарк, который, в прежние годы, выполнил ряд значительных работ в области физики, но который проводит последние годы в том, что пишет передовицы в „Фелькишер Беобахтер“. Ныне Штарк — старый человек, который сам признался в том, что новое развитие физики вызывает его отвращение и считается им соблазном. Можно поэтому себе представить, какие представители науки возводятся в данное время на ответственные посты.

Неизмеримый вред, причиняемый немецкой науке, ярче всего виден на судьбах университета в Геттингене. Тамашнее студенчество написало министру народного просвещения письмо, в котором излагалась просьба произвести чистку „железной метлой“ особенно в Геттингене, так так, якобы, там еврейское засилье стало совершенно невыносимым. Геттинген считался, на протяжении десятилетий, центром изучения математики и физики, пока чистка не уничтожила его. Наиболее известными, там работавшими, математиками были: Гильберт Куран (Hilbert Courant), Бернштейн (Bernstein), Бернэ (Bernays), Ландау (Landau), Герглотц (Herglotz), Вейль (Weyl), Нетер (Nöther); а самыми значительными физиками из Геттингена считались: Франк (Franck), Борн (Born), Поль (Pohl), Гейтлер (Heitler), Нордгейм (Nordheim), Кун (Kuhn). Из перечисленных ученых все пали жертвою национал-социалистской атаки за исключением Гильберта, Ландау, Гергольца и Поля, хотя большинство уволенных было сочтено за евреев лишь после того, как появилось новое немецкое определение расы. Франка, удо-

¹ Rundschau, № 2, 1934. Basel. Письмо из Берлина, 27 декабря.

стоившегося нобелевской премии, национал-социалисты хотели, правда, оставить, учитывая мнение, которое создается за границей. Но он сам отказался вскоре от милости. Также и профессору Бейлю — не еврейю — надо поставить в заслугу то, что он, из протеста против убивающей свободный дух атмосферы, которая царит в нынешних немецких университетах, добровольно отказался от своей профессуры.

Каким образом они, не обращая ни на что внимания, разрушают исследовательские институты, пользующиеся мировой известностью, это лучше всего видно на примере Исследовательского института физической химии в Берлине (Институт императора Вильгельма). Профессор Габер (Haber), директор, и два других заведующих отделениями были еврейского происхождения. Вместе с Бошем Габер создал знаменитый способ, названный в честь изобретателей способом Габера-Боша, служащий для добывания азота для производства искусственного удобрения. Габер был, к тому же, во время войны, научным руководителем немецкого дела по отравляющим газам. Он знает также самым точным образом немецкую химическую промышленность после военного периода со всеми ее секретными подготовлениями к вооружению. В виду этого, его не хотели увольнять. Однако, ему было сказано, что в Институте работает слишком много еврейских сотрудников и что часть из них должна быть заменена людьми арийского происхождения. Габер отказался произвести эту замену, так как вообще, „его сотрудники определялись их научными способностями“, а не путем установления родословной бабушки этих сотрудников. Когда, вслед за тем, министр народного просвещения прервал переговоры, то Габер и его сотрудники сделали соответствующий вывод и „добровольно“ подали в отставку. Назначенный вместо Габера новый руководитель этого института, по фамилии Яндер, является в научном отношении нулем и отличается только тем, что он — известный геттингенский национал-социалист.

66 Таким образом действовали национал-социалисты, конечно, и в других иссле-

довательских институтах Берлина и выбросили на улицу целый ряд профессоров, в том числе профессора Шлезингера, из Берлинского политехникума, мировой известности в области машиностроения и заводской организации. По неизвестным основаниям его держат в заключении уже много месяцев. В том же высшем учебном заведении уволен известный электротехник Оттендорф (Ottendorf). Из Берлинского же университета удален знаменитый математик Шур (Schur).

Разрушение немецких естественных наук ярко выявляется при обозрении отдельных научных отраслей, представляющихся почти что уничтоженными. Это относится, главным образом, к теоретической физике и физической химии. Из более известных представителей первой группы, покинувших Германию, назовем хотя бы следующих: Борн (Born), Шредингер (Schrodinger), Яффе (Jaffé), Лондон (London), Бете (Bethe), Блох (Bloch), а из второй группы: Габер (Haber), Панет (Paneth), Гевези (Hevesy), Поляни (Polany), Г. Фрейндлих (H. Freundlich), Симон (Simon). Можно сказать без преувеличения, что из представителей первой научной области — 80% способных немецких ученых принуждены были покинуть страну, а из представителей второй области — не менее трети ученых.

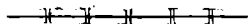
Интересный пример новонемецкой стойкости в принципиальных вопросах дает нам Физико-химический институт в Мюнхене, существующий на деньги Рокфеллера и руководимый евреем, а именно Фаянсом (Fajans). Когда Рокфеллер хотел реагировать на устранение Фаянса прекращением субсидий, то министерство пустило в ход все средства для того, чтобы побудить ученого остаться и, таким образом, не лишиться миллионов, что ему и удалось. Но не во всех исследовательских институтах, пользующихся иностранной поддержкой, была у национал-социалистов такая удача, и, во многих случаях, приток иностранных сумм прекратился.

Чтобы иметь приблизительную картину развала немецкой науки, надо учесть, что, приблизительно, 20 процентов ординарных профессоров по физике

и физической химии должны были покинуть свои кафедры в результате „чистки“. В числе этих профессоров было три, удостоившихся в свое время нобелевской премии.

Несмотря на внутреннюю враждебность, которую не могут не иметь оставшиеся ученые против режима, отчаявшегося молодежь от всякого раци- онального мышления и использующего науку в лучшем случае для изготовления отравляющих газов и иных орудий убийства, лишь очень немногие из ученых решились публично протесто-

вать. Те из них, которые остались в своей должности, хотели бы остаться неназванными, по понятным причинам. Физики: Франк (Franck) из Геттингена, Шредингер (Schrödinger) (не еврей) и Фрейндлих (Freundlich) из Берлина, математики: фон Мизес (v. Mises) из Берлина, Вейль (Weyl) (не еврей) из Геттингена и химики: Габер (Haber) и Шленк (Schlenk) (не еврей) из Берлина и, пожалуй, еще другие, чья судьба при массовой чистке еще не выяснена, предпочли покинуть Германию.



ИСТОРИЯ НАУКИ

ИОЗЕФ ГОТЛИБ КЁЛЬРЕЙТЕР (1733—1806)

Проф. Е. В. ВУЛЬФ

В связи с исполнившимся 27 апреля 1933 г. двухсотлетием со дня рождения Иозефа Кёльрейтера мы имеем повод извлечь из незаслуженного забвения имя этого замечательного ученого.

Кёльрейтер, по окончании Тюбингенского университета, был приглашен на службу в Академию Наук адъюнктом ботаники и прибыл в Петербург 28 мая 1756 г. Здесь во время своего пятилетнего пребывания в России он обрабатывал зоологические коллекции Академии и, в течение последних двух лет, заведывал ботаническим садом Акад. Наук, заменяя выбывшего за границу академика Гебенштрейта.

Это дало ему возможность к осуществлению, очевидно уже раньше созревшее, намерения доказать существование пола у растений и значение их пыльцы, как мужского, оплодотворяющего начала, путем скрещивания особей различных видов.

Вопрос о существовании пола у растений мы находим уже в трудах древних авторов — Аристотеля, Теофраста, Плиния и др. Начиная с XVII ст. этот вопрос не перестает волновать ученые круги Европы, не сходя со страниц научной литературы в течение двухсот лет, являясь все время предметом то затихавшего, то вновь обострявшегося спора.

В 40-х годах XVIII ст. немецкий ботаник Камерер опытным путем доказал необходимость наличия пыльцы для образования семян и тем самым установил аналогию в размножении между растениями и животными. Основываясь на этих данных, Линней создал свою, так называемую,

половую систему растительного царства, в которой растения располагались соответственно количеству половых органов — тычинок и пестиков в их цветках.

Несмотря на искусственность взятого для этой классификации признака, эта система являлась громадным шагом вперед в хаосе тогдашних знаний по систематике растений. Тем не менее она была встречена многими учеными того времени с возмущением, так, как с их точки зрения, провозглашенное ею наличие пола у растений колебало устои нравственности.

Начало деятельности Кёльрейтера совпало именно с этим периодом борьбы линнеевской половой системы, окончившейся полным ее торжеством.

В 1759 г., очевидно по предложению Кёльрейтера, Академия Наук поставила на соискание премии вопрос о существовании у растений пола и присудила ее в 1760 г. Линнею за сочинение, которое было опубликовано Академией в том же году.

За год до окончания срока контракта Кёльрейтера ему было предложено место академика, освободившееся, вследствие ухода со службы в Академии Гебенштрейта. Кёльрейтер не сошелся с администрацией Академии в предложенных ему условиях и в 1761 г. выехал обратно на родину, в Германию.

Но уже в 1766 г. Академия Наук избирает его почетным членом и назначает пенсию в 200 р. в год. С тех пор связь Кёльрейтера с Академией не прекращается до самой его смерти. Она про-



является в опубликовании Кёльрейтером почти всех своих работ в изданиях Академии.

По возвращении из России Кёльрейтер поселяется сначала в г. Кальве, входившим в состав Вюртембергского герцогства, где продолжает с большой интенсивностью свои опыты по получению гибридов. Результаты этих работ опубликовываются им в эти годы в виде двух „продолжений“ к тому „Предварительному сообщению“, которое было им написано еще в бытность его в Петербурге.

В конце 1763 г. Кёльрейтер получает приглашение занять место директора ботанического сада в Карлсруэ, которое он и принимает. Здесь он продолжает свою научную работу все в том же направлении и выпускает третье, „продолжение“ своих опытов. К сожалению, уже через пять лет, вследствие создавшихся трений между ним и придворными садовниками, обслуживавшими ботанический сад, Кёльрейтер вынужден отказаться от заведывания садом. В течение всего последнего периода его жизни он был лишен даже клочка земли, на котором он мог бы продолжать свои исследования, что заставило его пожать от отказа от службы в Академии.

Тем не менее он не прекращает до самой своей смерти, наступившей в 1806 г., своей научной работы.

В общей сложности Кёльрейтером напечатано 50 работ, из которых около половины зоологических. Но именно ботанические его работы вписали его имя в историю истории науки. Его работы по гибридизации растений замечательны по своей экспериментальной постановке, мало отличающейся от современных ме-

тодов работы, и, конечно, совершенно исключительной для того времени. Этими опытами было заложено начало современной генетики.

Но помимо того, Кёльрейтер вполне ясно себе представлял то значение, которое гибридизация может иметь для практической жизни. Им впервые было указано на возможность получения путем скрещивания новых плодовых и декоративных сортов, а также более быстро растущих древесных пород.

В 1772 г. им была послана Вольному экономическому обществу в Петербурге статья — впоследствии ВЭО опубликованная и награжденная серебряной медалью — о полученном им гибриде между двумя видами табака: махоркой *Nicotiana rustica* и перуанским видом *Nicotiana paniculata*. Отмечая ряд ценных в практическом отношении свойств гибрида, отсутствующих у родительских форм, Кёльрейтер предложил Обществу провести в крупном масштабе опыт промышленной культуры этого гибрида.

Помимо основ и методов гибридизации, работы Кёльрейтера содержат еще ряд очень ценных и часто впервые им установленных данных по биологии растений. В частности ему принадлежит первое обоснование опыления цветов насекомыми, использование ими нектара цветов, превращение последнего в мед и др.

Вскоре после смерти Кёльрейтера учение о поле растений, казалось бы достаточно обоснованное его многочисленными работами, вновь подверглось сомнению и даже полному опровержению. Вместе с этим и вся работа, и даже имя самого Кёльрейтера было предано почти полному забвению, не говоря уже о его практических начинаниях по использованию гибридов, которые были оценены и значение которых было понято лишь в конце XIX ст.

Дело дошло до того, что в 1819 г. Берлинская Академия Наук вновь объявила соискание премии за работу по тому же вопросу о существовании пола, который уже в 1759 г. был поставлен и разрешен Петербургской Академией. В виду того, что этот конкурс никакого результата не дал, в 1828 г. Голландская Академия вновь ставит этот же вопрос и, наконец, только в 1836 г. получает на него ответ, в виде капитального исследования Гертнера, который в течение 25 лет, на 9000 поставленных им опытах, проверял выдвинутые Кёльрейтером положения и делавшиеся против них возражения.

Этот труд Гертнера и в скорости начавшие выходить работы Дарвина обеспечили, наконец, торжество учения о поле у растений.

Но, окидывая сейчас взором работы Кёльрейтера, мы не можем не изумляться их поразительной экспериментальной точности, разнообразию и глубине вложенных в них мыслей, а вместе с тем не можем и не гордиться тем, что осуществление и опубликование этих работ неразрывно связано с нашей Академией Наук.¹

¹ Подробная биография Кёльрейтера, составленная мною по архивным материалам Академии Наук, будет опубликована в Архиве истории науки и техники, издаваемом Академией Наук.

НОВОСТИ НАУКИ

АСТРОНОМИЯ

Новое применение кино в астрономии. Кинематография совсем мало использована еще в научных целях, несмотря на все ее поистине огромные возможности как метода, показывающего вещи в их движении, развитии. Возможным примером того, что может дать киносъемка в науке, является опубликованная в августе прошлого года статья 2 американских астрономов Мак-Мата (Robert Mc Math) и Петри (Robert M. Petrie) из Астрономической обсерватории Мичиганского университета.

Мак-Мат и Петри описывают в этой статье сконструированный ими „спектрогелиокинематограф“. Чтобы уяснить, как много большого научного смысла скрывается за этим термином, сделаем небольшое историческое отступление в область спектральных исследований Солнца. Еще в 1868 г. на заре спектроскопии, вообще, и астро-спектроскопии, в частности, знаменитые астрофизики Жансен и Локьер показали возможность, применяя обыкновенный спектроскоп, наблюдать солнечную хромосферу и солнечные протуберанцы вне затмений.

Возможность таких наблюдений сыграла огромную роль в развитии гелиофизики, позволив освободить всегда напряженную программу экспедиций по наблюдениям полных солнечных затмений от обычных наблюдений упомянутых объектов и использовать для изучения их любой ясный день вместо редчайших немногих десятков секунд полных солнечных затмений.

Возможность наблюдения протуберанцев и хромосферы на краю солнечного диска вне затмений в спектральной линии заключается в следующих обстоятельствах.

Спектральные наблюдения позволяют, применяя достаточную дисперсию, настолько уменьшить яркость освещенного солнцем неба, чтобы на краю солнечного диска достаточно ярко выступили спектральные изображения, в противном случае тонущие на ярком фоне неба этих неярких солнечных образований. Та же значительная дисперсия спектральной установки и линейчатость спектра газообразной хромосферы и протуберанцев, видимых нами в профиль, при этом позволяет получить раздельные изображения этих объектов в каждой их спектральной линии, т. е. представляется возможность изучения хромосферы и протуберанцев в данной линии данного химического элемента, в данном его состоянии ионизации.

Однако, как ясно из этого быстрого описания, этот обычный спектральный метод становится неприменимым, если бы мы пожелали получить, аналогично изучаемым при его помощи краевым образованиям, какую-либо монохроматическую картину самого диска Солнца или части его.

Эта невозможность проистекает из того обстоятельства, что спектр диска Солнца — сплошной фраунгоферовый спектр, и потому, при любой дисперсии, невозможно получение монохроматического изображения этого диска, невозмущенного соседними, сколь угодно (в этом непрерывном спектре) близкими спектральными изображениями.

Однако, возможность изучения хромосферы и протуберанцев на краю видимого изображения Солнца, т. е. при наблюдении этих объектов „в профиль“, вызвала естественное желание найти метод наблюдений их „en face“. Такой метод и был изобретен через 30 лет после исторического открытия Жансена и Локьера. В 1898 г. знаменитые с тех пор американский гелиофизик Гэль и французский гелиофизик Деландр показали, что, при довольно существенном преобразовании, спектрограф может решить даже и эту еще более трудную, чем прежде, задачу ежедневной регистрации солнечной поверхности (а не только края ее) в данной спектральной линии.

Изобретенный ими спектрогелиограф, этот основной прибор современных мировых солнечных обсерваторий, отличается от спектрографа тем, что в нем, вместо одной рабочей щели, имеются две щели.

Первая щель работает, как в обыкновенном спектрографе. Ее назначение — дать спектр того участка солнечной поверхности, который вырезан из последней этой щелью.

Но, в отличие от спектрографов, в спектрогелиографе в фокусе светорассеивающего приспособления (решетки или системы призм) ставится не объектив камеры, а вторая щель. Эта щель устанавливается в спектрогелиографе так, чтобы она освещалась одной только интересующей нас в данном случае спектральной линией или даже только частью линии. Таким образом, получается монохроматическое изображение данного участка солнечной поверхности, вырезанного первой щелью, которое и может быть сфотографировано. Двигая первую щель по всей солнечной поверхности, мы, при относительной неподвижности обеих щелей спектрогелиографа друг относительно друга, получаем возможность снимать все Солнце (диск, так же, как и краевые образования) в данном узком участке спектра.

Применение спектрогелиографа к изучению солнечной атмосферы открыло перед гелиофизикой новые широкие горизонты, дав ей безотказный метод систематической регистрации „облачных“ образований (флюккул) этой атмосферы, связи их с хромосферой и фотосферными явлениями и мн. др.

Однако, медленное движение первой щели по диску Солнца не позволяло дать мгновенную картину состояния Солнца с тем, чтобы, составляя спектрогелиограммы, полученные в отдель-

ные последовательные моменты времени, можно было получить безошибочное представление о жизни (развитии) многих быстро-изменяющихся явлений на Солнце.

Поэтому уже сам Гэль в 1929 г. изобретает новый прибор, названный им спектрогелиоскопом, отличие которого от его же спектрогелиографа состоит принципиально лишь в том, что, вместо фотографической регистрации в последнем, здесь наблюдение ведется визуально; а для возможности таких наблюдений скорость обхода первой щелью диска Солнца должна быть значительно увеличена, чтобы дать возможность создания мгновенного зрительного впечатления в глазу исследователя.

С этим визуальным прибором, дающим, по мысли великого американского гелиофизика, возможность изучения быстро-изменяющихся солнечных явлений, и должен конкурировать описанный фотографический прибор Мак-Мата и Петри, дающий, на понятных теперь уже для нас принципах, спектрогелиокинограмму Солнца, т. е. совокупность последовательных кинокадров, дающих монохроматические изображения солнечного диска или его части.

К сожалению, как указывают авторы статьи, настоящая эпоха несколько неблагоприятна для испытания и применения изобретенного ими прибора, так как в эпоху, близкую к минимуму солнечной деятельности, которую мы сейчас переживаем, на Солнце обычно нет или исключительно редки такие быстро-изменяющиеся явления, как эруптивные (изверженные) протуберанцы и активные пятна, с быстрыми движениями вещества в них и около них.

Поэтому в реферируемой работе авторы не смогли пока привести самые интересные нас спектрогелиокинограммы, ограничившись лишь детальными описаниями инструмента и метода наблюдения с его помощью. Пока они приводят лишь несколько обыкновенных спектрогелиограмм, полученных при употреблении этого спектрогелиокинематографа, по существу, как спектрогелиографа, расширенным воспроизведением которого и является, вообще, их спектрогелиокинематограф. Укажем, однако, что, по видимому, все та же неблагоприятность эпохи (лето 1933 г.) для таких наблюдений вынудила авторов изучить, главным образом, краевые образования — хромосферу и протуберанцы, для изучения которых собственно и не требуется введение второй щели и которые можно было бы, вообще говоря, кинематографировать, пользуясь однощельным „спектрокинематографом“, прибором, который для изучения краевых образований, возможно, и будет когда-нибудь целесообразно построить.

Поэтому пока трудно оценить фактическую действительность изобретенного Мак-Матом и Петри нового гелио-инструмента.

Несмотря на это, принципиально, идея спектрогелиокинематографа, т. е. „фотографического спектрогелиоскопа“, заслуживает полной поддержки, так как фотографическая регистрация предпочтительнее визуальной благодаря своей объективности и тому, что, давая документ, фотокинематографические методы позволяют исследователю сохранять его многие годы, а также вести его исследование в снабженной всеми нужными условиями астрофизической лаборатории, чего лишены

по самому своему существу визуальные наблюдения.

Что касается конструкции этого их прибора, то, она, надо сказать, в достаточной степени сложна, особенно если принять во внимание, что спектрогелиокинематограф монтируется не неподвижно (как спектрогелиографы, устанавливаемые обычно в специальных башнях — „тауэрах“), а прикреплен к окулярному концу экваториала и, следовательно, должен „вестись“ соразмерно с суточным движением Солнца по небесной сфере.

Авторы, как видно из их работы, внесли чрезвычайно много внимания в конструкцию инструмента, оптическая система которого в компактной форме спектрографа литровского типа¹ имеет ряд ценных усовершенствований: однако, мы не имеем здесь сейчас возможности говорить об этом подробнее и позволим себе для более детального ознакомления с конструктивно-методическими деталями этого весьма интересного прибора отослать интересующихся к оригинальным работам².

Ограничиваясь в настоящее время этими немногими замечаниями, мы позволим себе, в заключение, сказать несколько слов по интересующему нас вопросу о применениях кино в астрономии.

Если спектрогелиокинематограф (и, éventuellement, также пока еще не сконструированный вышеупомянутый нами „спектрокинематограф“) позволяют решить целый ряд задач, стоящих сейчас перед гелиофизикой, то надо со всей решительностью подчеркнуть, что еще большее число задач астрофизики и астрономии пока еще мало или совсем не затронуты этой новой многообещающей научной методикой — научной кинематографией.

Огромный рост советской оптико-механической и фото-кино промышленности, за годы первой пятилетки уже позволил Союзу освободиться от целого ряда статей фото-кино и оптико-механического импорта. Нам представляется, что необходимо уже сейчас начать ставить и активно продвигать вопрос о широком внедрении нового кинематографического метода в советскую науку, вообще, и, в частности, в советскую астрономию, где он сулит весьма интересные возможности и перспективы.

В числе других, представляющихся на сегодняшний день возможностей астрономических применений кино, укажем хотя бы на испробованную уже киносъемку полных солнечных затмений, а также на выдвинутую несколько лет тому назад в одном докладе автора этой заметки возможность использования кино для „патрулирования неба“ (Sky-patrol).

¹ Этот тип спектрографов, представленный в Союзе большим солнечным спектрографом Академии Наук СССР, на котором в Пулковке наблюдает Солнце экваториалом А. А. Белополюский, отличается тем свойством, что и коллиматор и камера его находятся в одном оптическом тубусе, что позволяет с выгодой использовать пространство.

² Publications of the Observatory of the University of Michigan, vol. V, p. 53, 1931 и ibid., vol. V, p. 104, 1933.

Советская наука, овладевающая вехами мировой науки, не пройдет мимо, а наоборот широко и глубоко использует кино, — этот великолепный новый научный метод объективного и документального исследования изменяющейся и движущейся действительности нашего мира.

Необходимо, чтобы существующие у нас фотокиноорганизации помогли нам, астрономам, в продвижении этого нового интересного и большого дела.

М. Эйенсон.

ФИЗИКА

О ядерном поглощении γ -лучей („Naturwissenschaften“ Н. 37, S. 674; Н. 45, S. 800, Heiting, Ноябрь, 1933). Жесткие γ -лучи, проходя через материю, поглощаются ядрами атомов; при этом ядра приходят в возбужденное состояние. Переход ядра из возбужденного состояния в нормальное сопровождается излучением γ -кванта. Очевидно, изучение этих вторичных или рассеянных квантов может дать многое в отношении внутреннего строения ядра, так же, как изучение спектров дает возможность судить о строении электронных оболочек атомов. Автор реферированных статей изучал рассеяние γ -лучей ThC'' длины волны $\lambda = 4.7 \text{ XE}$ (где $\text{XE} = 10^{-3} \text{ \AA}$) на пластинках Al, Fe, Cu, Pb, под углом 130° к первичному падающему лучу. Длина волны γ -лучей определялась из кривых абсорбций. Интенсивность измерялась с помощью ионизационной камеры. Результат исследования приведен в следующей табличке.

| | Al | Fe | Cu | Pb |
|---|------|----|------|-------------|
| λ (в единицах XE) | 23.8 | 23 | 21.8 | 26.5 6.6 |

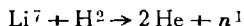
Наиболее интересным результатом является тот факт, что для всех исследованных материалов испускается один и тот же квант, отвечающий длине волны приблизительно 24 XE . Энергия этого кванта равна $m_0 c^2$, где m_0 масса покоящегося электрона, с скоростью света. Этому совпадению можно придать интересную физическую интерпретацию. Известно, что недавно открытые позитроны (частицы с массой равной массе электрона и одним положительным элементарным зарядом) получают при освещении γ -лучами ThC'' атомов тяжелых элементов и могут наблюдаться в камере Вильсона, помещенной в магнитном поле. Время существования позитрона в свободном состоянии, вычисляемое из теории Дирака, очень мало. Позитрон очень быстро после своего возникновения соединяется с электроном, при этом энергия соединения, равная $2m_0 c^2$, выделяется в виде двух квантов $m_0 c^2$. Полученные результаты можно интерпретировать следующим образом. При поглощении ядром первичного γ -кванта, внутри ядра образуется электрон и позитрон. Через короткий срок после этого позитрон соединяется с каким-нибудь

электроном, и ядро испускает рассеянные кванты γ -лучей, которые и измерялись автором.

Наличие кванта, отвечающего длине волны $\lambda = 24 \text{ XE}$, подтверждает теорию позитрона Дирака, по крайней мере, в некоторых частях.

Получение нейтронов с помощью быстрых дейтонов (Crane, Lauristen, Soltan. Phys. Rev., v. 44, p. 692, Октябрь, 1933). Впервые нейтроны были обнаружены при обстреле бериллия быстрыми частицами радио-активных элементов. Обнаруживание нейтронов, а также их отличие от γ -лучей основано на следующем факте. Нейтроны, проходя через пластинку, покрытую слоем парафина, выбивают из него протоны, чего не делают γ -лучи. Авторы реферированной работы в предыдущей статье описали способ получения нейтронов при бомбардировке бериллия ионами гелия, ускоряемыми напряжением от 600 до 970 киловольт. В реферированной работе авторы заменили ионы гелия дейтонами (ядро тяжелого изотопа водорода H^2) и получили число нейтронов в сотню раз превышающее число таковых, получаемых от самых мощных препаратов полония, имеющихся в употреблении в настоящее время. Поток нейтронов, исходящий из пластинки, с помещенным на нее исследуемым веществом (Be, LiCl), на которое падали дейтоны, определялся следующим образом. На расстоянии 13 см от пластинки, перпендикулярно к направлению падающих дейтонов, помещался чувствительный электроскоп, защищенный от рентгеновых лучей 5 см свинцовой оболочкой. Внутренняя поверхность электроскопа покрывалась слоем парафина. Нейтроны, возникавшие в пластине, проходили через свинцовую защиту, выбивали из парафина протоны, которые внутри электроскопа вызывали ионизации, и электроскоп начинал разряжаться. По степени разряда электроскопа можно было судить о количестве ионизирующих частиц, а тем самым и о количестве нейтронов. Если удалить из электроскопа парафин, то число ионизирующих частиц сильно уменьшается, что говорит за то, что авторы на самом деле имели дело с нейтронами, а не только с γ -лучами. Число нейтронов сильно возрастает с увеличением приложенного напряжения.

Возможно допустить, что в этом случае происходят следующие ядерные „реакции“.



Поток дейтонов получался из водорода, содержащего 50% тяжелого изотопа H^2 . Чтобы убедиться в том, что нейтроны выбиваются именно дейтонами, авторы брали водород без примеси тяжелого изотопа. В этом случае бомбардирующими частицами являются обычные протоны. Опыты показали, что под влиянием протонов бериллий совсем не испускает нейтронов. Литий испускает нейтроны и под влиянием протонов, но в значительно меньшем количестве.

Л. Грошев.

ХИМИЯ

Новейшие данные о тяжелой воде. Последние номера журнала американского химического о-ва содержат ряд новых исследований относительно свойств новой воды и по улучшению аналитической методики.

Вязкость воды H_2^{18}O Льюис и Макдональд изучили в связи со значительной разницей в электропроводности хлористого калия в легкой и тяжелой воде. Для исследования брались пробы воды, содержавшие 70% и 90% H_2^{18} , и сравнивались с обыкновенной водой в пределах $5^\circ\text{—}35^\circ$. Если η_1 вязкость $\text{H}^1\text{H}^1\text{O}$, η_2 — вязкость $\text{H}^2\text{H}^2\text{O}$, то для чистой (100%) $\text{H}^2\text{H}^2\text{O}$ получены путем экстраполяции (ошибка не больше 0.5%) следующие данные:

| t° . . . | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° |
|-----------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| η_2/η_1 . . . | 1.309 | 1.286 | 1.267 | 1.249 | 1.232 | 1.215 | 1.198 |
| η_1 | 15.19 | 13.10 | 11.45 | 10.09 | 8.95 | 8.00 | 7.21 |
| η_2 | 19.88 | 16.85 | 14.51 | 12.60 | 11.03 | 9.72 | 8.64 |

В некоторых случаях они не совпадают с данными Сэльвуда и Фроста.

Диэлектрическая постоянная определена Льюисом, Ольсоном и Маронэем для воды с 90% H_2^{18} в сравнении с таковой для $\text{H}^1\text{H}^1\text{O}$ при 25° $D_2/D_1 = 0.987$ (при частоте в 25 м) и 0.991 (при 34 м) для более или менее чистой тяжелой воды, тогда как более грязная тяжелая вода показала $D_2/D_1 = 0.993$ (при 25 м). При этих опытах электропроводность новой воды колебалась: после перегонки: $K = 3 \times 10^{-4}$; после вторичной: от $K = 1 \times 10^{-5}$ (в начале) до $K = 3 \times 10^{-5}$. Далее найдено, что это расхождение величины для обеих форм воды увеличивается с уменьшением температуры, как это наблюдалось и в других случаях.

Физиологические эффекты. Барнес и Ларсон нашли для *Spirogyra nitida* при $10\text{—}14^\circ$, при свете с сезерной стороны: нить в 31 клетку после 6 дней пребывания в тяжелой воде (слабой концентрации) имели 43 клетки, из которых 3 — мертвых; нить в 37 клеток в обыкновенной воде после 6 дней не показала признаков клеточного деления, 20 клеток мертвых; в ледяной воде (менявшейся ежедневно 2 раза) нить в 50 клеток показывала после 5 дней 15 аномальных; такая же нить (50 клеток) в свежее-перегнанной воде (менялась ежедневно два раза) показывала все 50 клеток мертвыми или сморщенными, контрольная нить в обычной воде дала — на 47 клеток после 6 дней 64 нормальных клетки. Эти эффекты приписываются задерживающему действию тяжелой воды на деятельность энзимов и ферментов, как показали их опыты над панкреатической амилазой и над зимазой. Аналогичные результаты получили Норд и Вейсс при опытах с энзимами в свежее-плавленной и свежее-перегнанной воде (окисление гваяконовой кислоты).

Изотопный анализ воды, как его называют Крист, Мэрфи и Юри, является более точным и быстрым, чем спектральный или денси-

метрический метод. Он состоит в определении коэффициента рефракции с помощью интерферометра Цейсса; прибор калируется по данным денсиметрии (молярные проценты окиси дейтерия) и по измерению рефракции растворов хлористого калия. Одно деление барабана соответствует 0.0106% окиси дейтерия. Точность определения зависит от длины сосуда (прямая пропорциональность); для 40 мм она равна около 0.02%. Необходимы поправки, а также известные предосторожности, которые приводят авторы.

Далее Н. Льюис и Д. Лютен изучили коэффициенты рефракции и аддитивные правильности для смесей из $\text{H}^1\text{H}^1\text{O}$ и $\text{H}^2\text{H}^2\text{O}$; результаты приводятся в Phys. Rev. Авторы приводят два уравнения, позволяющие определить полный изотопический состав любого образца воды (т. е. для изотопов Н и О), если известен удельный вес

и коэффициент рефракции. Эти уравнения следующие:

$$x = 1.370 \Delta_S - 190.5 \Delta_n$$

и

$$y = 7.692 \Delta_S + 180.9 \Delta_n$$

где X — молекулярная рефракция $\text{H}^2\text{H}^2\text{O}$ (ат. рефр. H_2^{18}); y — увеличение мол. рефр. H_2O^{18} (или ат. рефр. O^{18}); Δ_S разность уд. в. при 25° (образца и обыкновенной воды); Δ_n разность показателя преломления при 25° (обр. и об. воды).

Вращение плоскости поляризации α — i глюкозы в тяжелой воде изучено Е. Песку. Как известно, оно вызывается перемещением подвижного атома водорода.

При одинаковых условиях опыта (18° , концентрации, равной трубке и т. д.) коэффициент скорости найден: $K_1 + K_2 = 0.00546$ (в обычной воде) и $K_1' + K_2' = 0.00290$ (в тяжелой воде с $d_2^{20} = 1.06$). Следовательно, во втором растворе перемещаемый атом водорода в сахаре непосредственно замещается тяжелым водородным атомом изотопной воды; вращение связано изменению двойной связи в группе $> \text{C} = \text{O}$ вследствие кольцеобразования, вызванного миграцией водородного атома.

Дейтероаммиак получен С. Тэйлором и Дж. Юнгерсом действием пара тяжелой воды на магнийдитрид. Три различных образца такой воды дали три различных продукта реакции, с относительными (к обычному аммиаку) плотностями 1, 12, 1.158 и 1.174, что отвечает примерно содержанию 68, 90 и 99% H_2^{18} Физические свойства следующие:

| | | | | |
|-------------------------|--------|-------|-------|-------|
| для % H_2^{18} | 0 | 68 | 90 | 99 |
| t° замерз. Abs. | 195.2 | 197.9 | 198.6 | 199 |
| t° кип. Abs. | 239.75 | 241.6 | 242.1 | 242.3 |

Упругость пара для 99₀/₀ продукта:

| T° Abs. | 202.3 | 226.1 | 232.1 | 238.6 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| P NH ₃ | 77 | 364 | 511 | 714 |
| P ND ₃ | 63 | 313 | 445 | 628 |

Скрытая теп. испарения NH₃ — 5797 cal/mol при 1 атм. для NH₃² — 5990 cal/mol. Запах аммиачный.

Изучены спектры поглощения в ультра-фиолетовой части. Найденные различия в полосах могут быть обусловлены наличием несимметричных молекул NHNH₂ и NH₂NH. Их приготовление, а также изучение спектров в инфра-красной части и химических свойств начато авторами.

Электролитическое разделение изотопов Н и механизм катодного процесса приводятся Б. Топли и Эйрингом. Приводятся опыты с платиновым анодом при катодах из Pb, Fe, Pt, Cu, Ni, Ag (в щелочном растворе) и из Pt и Cu (в кислотном растворе). Приводятся величины для α, зависимость величин разряда протона и дейтона от двух факторов (высоты и формы барьера, величин активации с разных нулевых точек) и т. д.

Э. Фрицман.

МИНЕРАЛОГИЯ

Новый тип двойников кристаллов. (Реферат статьи G. Friedel, „Sur un nouveau type de maclé“¹). Среди многочисленных теорий, различно объясняющих возникновение и существование двойников кристаллов, наиболее заслуживающей внимания в настоящее время является теория Г. Фриделя² (Страсбург), согласно которой двойник может существовать лишь в случае, если пространственные решетки срастающихся кристаллов при сочетании дают новую „вторичную“ пространственную решетку. Последняя, точно или приблизительно, проходит через узлы обеих первичных пространственных решеток и состоит из элементарных параллелепипедов с объемом кратным объему элементарных ячеек первичных решеток.

Этой теории прекрасно удовлетворяли все наблюдавшиеся до сих пор законы двойников, за исключением одного — так называемого Циннвальдского закона кварца. В сростках этого типа невозможно обнаружить общую решетку; единственно общим, строго совпадающим элементом является 1 ряд решетки — [0110]; особенностью этого двойника является еще то, что кристаллы срастаются разными гранями, т. е. грань призм одного кристалла с гранью ромбоэдра другого. Этот закон обычно исключали из общей классификации двойников, либо вообще не доверяя факту его существования, либо относи его к двойникам, с пониженной симметрией (Heterozwillinge), либо просто оставляя без объяснения.

За последнее время в литературе появилось еще указание на двойник подобного рода. При наблюдении двойников, получающихся путем слипания двух независимых друг от друга макроскопических кристаллов калиевых квасцов, Шуб-

никовым и Шаскольской¹ открыт и строго доказан новый тип двойников, названный ими „кубооктаэдрическим“ законом. В этом законе кристаллы срастаются разными гранями — грань куба с гранью октаэдра — и ориентируются таким образом, что у них общим, строго совпадающим, являются 1 ряд решеток — [110].

Эти данные послужили Фриделю отправным пунктом для пересмотра и расширения его теории и создания новой классификации двойников. Он разбивает теперь все двойники на 3 типа: одно-, дву-, и трехмерные (mono-, di- et triperiodique). В 1-й категории общим для двух срастающихся кристаллов, является ряд решетки — одномерный элемент; во 2-й, грань — двумерный элемент и 3-й, решетка — трехмерный элемент. К одномерным двойникам принадлежит Циннвальдский закон кварца и кубооктаэдрический закон квасцов. Двойники этого типа образуются, повидимому, только путем взаимной ориентировки при слипании двух, отдельно существовавших (preexistants), кристаллов. К трехмерным принадлежит все остальные, известные в настоящее время, двойники. Случаев двумерных двойников мы пока не знаем, но не исключена возможность их нахождения в природе.

М. Шаскольская.

БИОЛОГИЯ

Зоология

О нахождении *Gambusia affinis holbrooki* на о. Сара. Среди материалов Зоологического института Академии Наук СССР находится несколько экземпляров гамбузий, переданных в Институт проф. Л. С. Бергом, с о. Сара, на Каспийском море, недалеко от г. Ленкорани. Материал собран Быховским, 20 июня 1932 г., на промысле № 3.

Всего в коллекции 7 рыбок. Из них 2 самца длиной около 22 мм, 4 самки, с развивающимися мальками, длиной около 35 мм, и одна самка длиной всего 17 мм. Наличие молодой самки в 17 мм заставляет предположить, что гамбузия на о. Сара повидимому перезимовала, и акклиматизация имела место в 1931 г. К сожалению у автора отсутствуют данные об акклиматизационных мероприятиях в этом районе за эти годы. По сообщению проф. П. П. Попова, широкие мероприятия по разведению гамбузии в Азербайджане начаты лишь с 1933 г.

Гамбузии с о. Сара, представляют интерес в том отношении, что указывают на наличие в Азербайджане подвиды *holbrooki*. Формула лучей (D 7, A 10) характерна для этого подвида. Строение гоноподия самца также типичное. Края сегментов внутренней ветви III луча вооружены 3—4 мелкими шипиками. Характерное для этого подвида пятно под глазом хорошо выражено у самцов и у самок.

¹ М. Шаскольская и А. Шубников. Об искусственном получении закономерных сростков кристаллов алюмо-калиевых квасцов. Труды Ломоносовского Института Акад. Наук. 1933, вып. 3, стр. 51. — Zeitschrift für Kristallographie, 85, 1933, S. 1.

¹ Bull. Soc. Fr. d. Min., 56, 1933, p. 262.

² Georges Friedel. Leçons de crystallographie. Paris, 1926, p. 421.

Нахождение *Gambusia affinis holbrookii* в Азербайджане представляет значительный интерес потому, что указывает на неоднородность акклиматизационного материала по гамбузии в Закавказье. В окрестностях Сухума, по имеющимся в руках автора экземплярам из этих мест, распространен типичный подвид *Gambusia affinis affinis*. К сожалению имеющийся материал очень ограничен и не решает вопроса о видовом составе гамбузии в пределах Абхазии и Аджаристана, куда впервые в 1925 г. д-ром Рухадзе была ввезена в пределы СССР гамбузия и откуда брался материал для разведения гамбузии в других частях Союза.

Г. У. Линдберг.

Водолазный шлем „Divinhood“. В номере за сентябрь — октябрь 1933 г. Natural History (vol. XXXIII, № 5) помещена статья хранителя Отделения нынеживущих беспозвоночных Американского музея естественной истории в Нью-Йорке, Roy Waldo Miner, под названием „Diving in coral gardens“. В этой статье дается описание подводных работ экспедиций на Багамские острова, имевших целью сбор материала для монтируемой большой группы „Коралловый риф“ в зале „Жизнь океана“ Американского музея. Участники экспедиции пользовались специальным водолазным шлемом („Divinhood“), заменявшим им обычный тяжелый водолазный костюм; снабженные подобным шлемом они могли вести продолжительное время работу под водой в „коралловых садах“, производить наблюдения над их жизнью, вести кино-съемку (отчасти цветную), а также делать этюды масляными красками на промасленном холсте, натянтом на стекло. Работы над музейной группой коралловых рифов длятся уже десять лет, и можно быть уверенным, что после ее окончания эта группа представит грандиозное зрелище.

В той же тетрадке журнала помещен анонс фирмы, изготовляющей шлемы „Divinhood“ (Miami, Florida, 2517 Northwest 21 st. Terrase Miller-Dunn Company). Изобретение подобных облегченных водолазных снарядов, оставляющих свободными конечности человека, работающего под водой, должно быть горячо приветствуемо, так как такие шлемы могли бы, между прочим, найти применение и у нас среди научных работников-исследователей населения водоемов, их осадков, опустившихся ниже уровня воды памятников материальной культуры и т. п.

Р. Геккер.

Палеозоология

К находке пермских рептилий на р. Вятке близ г. Котельнича.

Во время работ, летом 1933 г., на реке Вятке на гидрогеологических изысканиях по заданию Камстроя, мной были найдены 2 скелета пресмыкающихся.

Пункт, в котором найдены скелеты, находится на правом берегу р. Вятки близ д. Ванюшенки, на 20 км ниже г. Котельнича и на 7 км выше пристани Вишкиль.

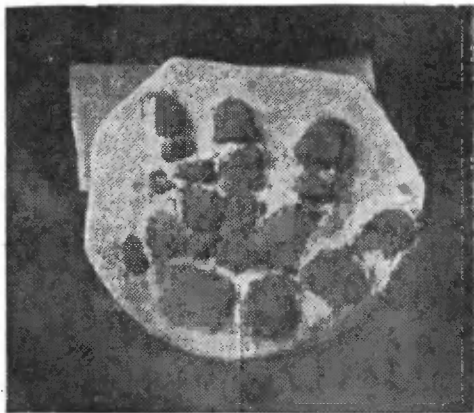
Здесь наблюдается следующий характер напластований сверху:

| | | |
|---------------------------------|---|-------|
| D ₂ ^{nat} { | 1. Песчаник, коричневатого-серый, мелкозернистый, слюдястый, глинистый | 1.0 м |
| | 2. Глина, темнокоричневая, плотная и твердая. | 0.90 |
| | 3. Песчаник, коричнево-серый, глинистый мелкозернистый, слабый | 0.50 |
| | 4. Глина, темнокоричневая, слегка песчанистая | 3.70 |
| | 5. Песчаник, зеленоватого-серый, светлый, тонкозернистый, слабый | 1.0 |
| | 6. Песчаник, желтовато-оранжевый, тонкозернистый, слегка глинистый, слабый | 15.0 |
| | 7. Песчаник, зеленоватого-серый, светлый, тонкозернистый, глинистый, слабый | 0.70 |
| | 8. Глина, темнокоричневая, слегка песчанистая, плотная, с пятнами зеленоватого-серого песчанистой глины. Найдены кости рептилий | 6.30 |
| | 9. Бичевник до уреза воды реки Вятки еще | 4.0 |

Залегающие здесь толщи песчаников, глин и мергелей почти совершенно лишены окаменелостей. Встречаются лишь антракозиды, чешуйки ганоидных рыб и редкие обломки костей ящеров. Еще П. И. Кротов указывал для этой толщи наличие костей ящеров и отметил близость этого участка „от района Котласа, прославившегося находками глоссоптериевой фауны и своеобразной пресноводно-континентальной фауны, изучаемой проф. В. П. Амалциком — с одной стороны, а с другой стороны этот район смежен с той частью бассейна Ветлуги, которая одновременно изучалась проф. Е. С. Федоровым и которая характеризуется нахождением местами (с. Зубов-



Фиг. 1. Естественная ориентировка костей в породе. XX Голова.



Фиг. 2. Передняя конечность, залитая в гипс.

ское) огромного количества остатков позвоночных животных“.

Найденные скелеты принадлежат, по видимому, представителям группы *Pareiasauria*. Полевое изучение дало следующие результаты. Длина черепа 0.30 м. Наибольшая ширина в области скуловых дуг 0.25 м. Общая длина скелета, включая часть сохранившихся хвостовых позвонков, равняется 0.85 м. Череп плоский, треугольной формы, несет спереди отверстия двух ноздрей, по бокам небольшие орбиты. Зубы плоские, с зазубренной на краях коронкой. Позвоночник состоит из амфицельных позвонков. Передние конечности несколько больше задних, те и другие имеют по пяти пальцев. Скелет найден в темнокоричневой, песчаной глине в слое 8 разреза, на высоте 5—5.5 м над уровнем р. Вятки. Порода, заключающая в себе остатки пресмыкающегося подверглась в значительной степени выветриванию и действию высоких внешних вод, благодаря чему сделалась хрупкой, и при раскопках легко раскалывалась на отдельные куски; особенно пострадали мелкие косточки.

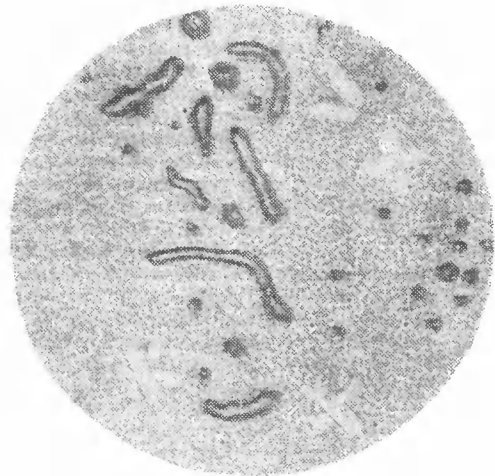
Первый скелет лежал задними конечностями в сторону реки, и потому часть хвостовых позвонков разрушена; второй лучший экземпляр, находился на 50 м ниже первого, по течению р. Вятки.

С. Каптанов.

Микробиология

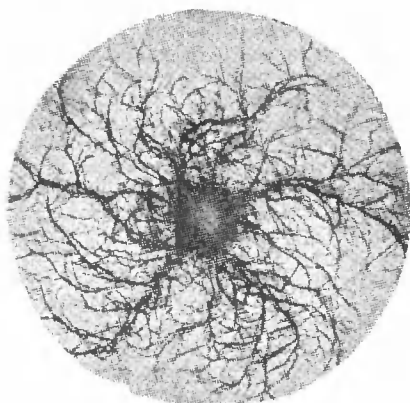
О кремнебактериях. Изучение роли микроорганизмов в круговороте различных элементов в природе не велось одинаково интенсивно во всех направлениях. Если о серо- и железобактериях существует обширная старая и новая литература, то этого нельзя сказать о микроорганизмах, принимающих участие в круговороте P, Ca, Mn, Si. В частности, указания на биогенную миграцию кремния до сего времени можно было найти только в работах, напечатанных на русском языке. Это исследования Егунова (1897), Надсона (1903), Исаченко (1914), Малияну (1933). Изучая воздействие изолированных микробов на грязь,

полученную из Вейсова озера, Надсон наблюдал, как чистые культуры бактерии *Proteus vulgaris* вызывают одновременно почернение грязи, вследствие образования гидрата сернистого железа, и образование нежной, хрупкой пленки на поверхности жидкости. Соответствующие химические реакции показали, что пленка состоит из кремнезема и имеет следующее строение. „Пленка состоит из остова и включений. Появляющийся вначале остов представляет чрезвычайно тонкую и нежную кремнеземную пленку, совершенно бесцветную и прозрачную. Она состоит из одного слоя одинаковых мельчайших шариков или зернышек диаметром 0,4 м, тесно лежащих один возле другого (фиг. 1). В дальнейшем пленка желтеет, что объясняется осаждением желтой окиси железа на зернышках кремнезема“. Результаты этих исследований позволил Надсону прийти к выводу, что „благодаря исключительно жизнедеятельности бактерий *Proteus vulgaris*, совершается ряд передвижений веществ, происходит миграция из почвы кремния, железа и кальция“.



Фиг. 1.

В недавно опубликованной работе Brussoff'a (Über ein Kieselbakterium. Arch. f. Mikrob. Bd. 4, H. 1., 1933, S. 1—22) приведены данные, не только полностью подтверждающие вышеуказанные наблюдения, но дающие и ряд интересных подробностей. Автор исследовал в химическом и микробиологическом отношении грязь, находящуюся в бассейнах серных источников в Дахене. Цвет грязи был серый, но местами в ней были участки, окрашенные в кирпично-красный цвет. При микроскопии грязь состояла из грязно-желтой, студнеподобной массы, в которой имелись в большом количестве мелкие зерна и крупные бесцветные кристаллы. При обработке кусочка грязи HCl большинство кристаллов растворилось, зерна же оставались неизменными. В окрашенных в красный цвет участках грязи под микроскопом были видны нити, образующие сплетения и состоящие из цепочек бактерий. Среди этих нитей залегают вышеупомянутые мелкие зерна,



Фиг. 2.

которые не растворяются от действия HCl , H_2SO_4 , HNO_3 , не дают реакции на железо и имеют светлорозовую окраску. Эти видимые под микроскопом шарики являются зернами кремнезема, так как они растворимы только в HF ; но и при действии этой кислоты растворение наступает только через 60 часов. Произведенный химический анализ высушенной грязи дал высокое процентное содержание в ней кремния — 21.5%, что говорит о накоплении кремния в грязи, так как вода из источника содержит в 1 кг только 0.08442 г H_2SiO_3 . Для выяснения роли микроорганизмов в этом процессе были поставлены следующие опыты. Питательная среда, состоящая из 500 см³ воды из источника, 5 г пептона и 2 капля жидкого стекла была разлита в стерильные чашки и заражена маленькими кусочками грязи. Через несколько дней, при 42.5° (средняя температура между комнатной и температурой воды источника), на поверхности среды образовалась тонкая, нежная пленка, состоящая

из бактерий, дающих цепочки. Кусочек этой пленки был взят, промыт водой и обработан HF и NaCl . В препарате можно было видеть типичные розоватые кристаллы кремнефтористого натрия. Пользуясь плотными агаровыми средами, содержащими пептон и жидкое стекло, автору удалось получить эту бактерию в чистой культуре. На этой среде она образует колонию, имеющую, беловатый центр, от которого во все стороны отходят ветвящиеся пучки тонких волокон (фиг. 2). Путем микроскопических исследований было установлено, что бактерия имеет форму палочки 0.6м × 2—3м величины, образует нити, состоящие из цепочек клеток, и дает споры. По своим морфологическим и культуральным признакам, она очень близка *Bacill. mycooides* Flügge — микроорганизму, широко распространенному в природе. Однако, Brussoff, желая подчеркнуть ее роль в круговороте кремния, описывает бактерию как новый вид *Bacill. siliceus* n. sp. Культивируя этот микроорганизм в чистой культуре, на различных плотных и жидких средах, содержащих кремний, автор с помощью различных химических реакций установил, что в этих условиях наблюдается не только накопление кремнекислоты в вегетативных клетках и спорах бактерий, но и выведение ее из клетки, в форме мельчайших зерен. Таким образом, эти исследования полностью подтвердили наблюдения Надсона о роли бактерий в круговороте кремния, сделанные им в 1903 г. Так как *Proteus vulgaris* (Надсон) и *Bac. mycooides* (Brussoff) являются повсеместно встречающимися организмами, то невольно возникает вопрос: являются ли кремнебактерии строго обособленной группой? Повидимому не исключена возможность, что миграция кремния из почвы при определенных условиях может быть вызвана жизнедеятельностью различных бактерий, среди которых, конечно, возможны колебания в интенсивности вызываемого ими процесса.

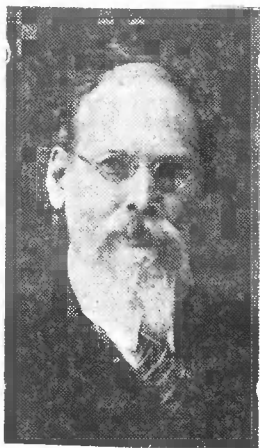
А. Имшенецкий.

ПОТЕРИ НАУКИ

Проф. М. А. Боголепов. 7 апреля 1933 г. в Москве скончался на 57 году жизни географ и климатолог проф. Михаил Александрович Боголепов, автор известной работы „О колебания климата Европейской России в историческую эпоху“ (1908), за которую его справедливо можно назвать „русским Брюкнером“, так как все писавшие по вопросам колебания климата у нас, ссылаясь на Брюкнера, почти всегда рядом с ним называют и М. А. Боголепова.

М. А. Боголепов, сын доктора медицины, родился в 1875 г. в Москве, где получил свое обра-

зование, окончив Московский университет. Затем он читал естествознание и географию в университете им. Шанявского для рабочих, а с закрытием его стал профессором Московского университета по географии. Заинтересовавшись вопросами колебаний климата, он принялся изучать известия о погоде, во множестве рассыпанные в русских летописях. Известный климатолог А. И. Боейков и акад. Д. Н. Анучин поощряли его в этой работе, так как до того времени никто из русских климатологов не затрагивал еще наших летописей. В результате своих изысканий М. А. Боголепов



Проф. М. А. Боголепов.

на страницах „Землеведения“ выступил с рядом работ, в которых он изложил свое учение о „возмущениях климата“. Как известно, Эдуард Брюкнер, основоположник учения о колебаниях климата (умерший в мае 1927 г.), на основании многих данных, пришел в 1890 г. к заключению, что периодичность в колебании климата, явлениях физико-географических и связанных с ними сельскохозяйственных и в движении ледников, действительно существует. Периоды сухих и жарких лет сменяются периодами влажных и холодных. Длина периода колеблется в среднем около 35 лет. М. А. Боголепов в своей, вышеназванной работе, подверг критике положения Брюкнера не оправдывающиеся на данных русских летописей, и пришел к заключению, что мы, собственно, имеем дело не с главным изменением сухих периодов на влажные и обратно, а с резкими колебаниями или аномалиями в климате, наступающими, в среднем, через период в 33 года, кратный 11-летнему периоду солнечной деятельности, что он и называет „возмущением климата“.

Дальнейшие исследования других ученых в той же области (Дугласа, Брукса, Истона, Шостаковича и др.) показали, что климатические колебания и возмущения есть явление более

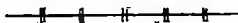
сложное, чем казалось это сначала. Повидимому, кроме волны с 33—35 летним периодом существуют еще более короткие — 11-летние волны, связанные с солнечной деятельностью, волны еще более низкого порядка — 3.5 — 2.8 лет и, наконец, более устойчивые волны, приблизительно равные столетию (разные исследователи указывают периоды от 89 до 101 года). Разложением кривой климатических колебаний при помощи гармонического анализа на составляющие ее периоды в настоящее время занимаются многие ученые и создана целая специальная литература в этой области; но несомненно, имена Брюкнера и Боголепова стоят на первом месте в истории этой отрасли климатологии.

Последнее время (с 1922 г.) М. А. Боголепов переключился в другую область научных работ — в область исторической геологии. Независимо от Вегенера, он самостоятельно пришел к заключению о подвижности материков. Его работа в этой области явилась как непосредственное и естественное продолжение его работ о периодичности вулканических явлений и землетрясений и возмущений климата, как результатов общей геомагнитной жизни земного тела. Вихревое движение в солнечных пятнах он берет в основу своих соображений, рассматривая рельеф лика Земли как результат периодически-наступающей вихревой деятельности магмы. В этих своих работах М. А. Боголепов сначала оставался одинок, но, как известно, в последнее время среди немецких геологов также появились гипотезы о периодических сдвигах земной коры. Последняя посмертная работа автора („Растяжение литосферы“) появилась в № 3—4 „Землеведения“ за 1932 г. В этом журнале напечатан и ряд других его работ по вопросу о происхождении лика Земли.

М. А. был членом ряда наших научных обществ, а также Метеорологического и Геологического германских обществ и поместил ряд своих работ в журналах этих обществ, не раз выступал в Москве, как популяризатор, с публичными лекциями. Оставаясь до конца дней своих профессором Московского университета, он продолжал одновременно с увлечением научно работать как любитель, беззаветно отдаваясь интересам науки.

В лице М. А. Боголепова наша наука несомненно потеряла одного из талантливых и бескорыстных работников.

Д. Святский.



КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

П. П. Акимов. Аффинаж золота. Под редакцией проф. И. П. Плаксина. Цветметиздат, М.—Л., 1932, 48 стр. Ц. 1 р. 50 к.

Среди серии книг, выпущенных Цветметиздатом для квалифицированных рабочих золото-платиновой промышленности, книжка Акимова выделяется своими высокими качествами: ясным, простым и гладким изложением, сжатым стилем и обильным содержанием. На пространных 48 стр. дано описание главнейших способов очистки золота, разъяснены основные понятия и описана аппаратура со всеми необходимыми цифровыми данными. Книжка является первым опытом общедоступного описания аффинажа в СССР. Нет никакого сомнения, что в ближайшее время придется выпустить второе издание книги, так как малый тираж ее (3200 экз.) скоро исчерпается. Поэтому является необходимым дать перечень крупных и мелких промахов и недочетов, от которых не может быть свободен первый опыт. Такой перечень имеет единственной целью указать места, которые необходимо исправить или дополнить.

На стр. 6 во втором абзаце — сказано: „В приводимой таблице видно, в каких количествах разные металлы собраны в месторождении 1 т горной породы“. Очевидно, здесь — пропуск названия месторождения или другая ошибка делающая фразу, как и помещенную на стр. 6 вторую таблицу непонятной.

Далее, на стр. 9 и следующих упоминается о пробе золота, но нигде не объяснено, что такое проба. Это следует сделать. На стр. 14 вместо „Нагрев горнов производится нефтью“ следует сказать „мазутом“.

При описании хлоринации следует упомянуть о способе измерения температуры горна.

На стр. 22 говорится об осаждении (цементации) меди железом и восстановлении серебра. Следует объяснить сущность химической реакции. В таком виде, как это изложено, остается неясным, почему медь и серебро восстанавливаются железом.

На стр. 28 и 29 трактуется о ионах, при чем автор ведет начало объяснения со строения атомов. Думается, о ионах можно дать ясное представление и не прибегая к строению атомов. Определение автора, что „атом потерявший или приобретший электроны, мы называем ионом“ — недостаточно, так как ионы часто состоят из нескольких атомов. Утверждение, что „молекулу каждого (разрядка О. З.) вещества образуют не просто атомы, а именно атомы, заряженные положительными зарядами, т. е. ионами“, неверно: большинство химических соединений образовано не таким способом, и только электролиты образованы из ионов.

На стр. 31 сказано, что „перезаряджение анода (при асимметричном токе) происходит очень быстро“ (разрядка О. З.). Автор здесь,

вопреки своему хорошему обычаю давать количественные характеристики, дает очень неопределенную качественную характеристику быстроты перемен тока.

На стр. 33 — на рис. 14 дан разрез растворительной ванны; следует для лучшего уяснения чертежа дать и план.

На стр. 37 — указывается, что на катоде происходят рифления для предотвращения коробления их. Абзац изложен несколько мало понятно.

На стр. 42 не объяснено, зачем „через перегородку диафрагмы перекидывают изогнутые стеклянные трубки“ и чем эти трубки наподнены.

На стр. 44 описывается осаждение платины и палладия. Сведения о чистоте этих металлов (99.9 проб.) неверны и явно приукрашены. Получить такого качества платину описанным способом нельзя.

О. Зялинцев.

П. М. Жуковский. Земледельческая Турция (Азиатская часть — Анатолия). Под редакцией Н. И. Вавилова. Сельхозгиз, 1933. Стр. 908, 381 фиг., 12 табл. в красках и карта. Ц. 22 р. в переп.

Институт растениеводства опубликовал, в Сельхозгизе, результаты исследования культурных растений Малой Азии, входящей в состав Турецкой республики. Семена этих растений в количестве 10 000 образцов были доставлены в СССР проф. П. М. Жуковским в результате выполненных им трех последовательных экспедиций (1925—1927 гг.), организованных Институт растениеводства. В последующие годы эти семена высевались в различных отделениях Института и изучались рядом его специалистов. Опубликованный сейчас громадный труд и составлен проф. Жуковским совместно с 26 соавторами.

Книга предпослана вступительная статья Зам. Наркоминдела Л. М. Карахана под заглавием „Советский Союз и Турция“, отмечающая все нарастающее взаимное общение и дружеское сотрудничество обеих стран, а также все увеличивающиеся за последние годы научные связи между ними. Выражением этих последних и является труд П. М. Жуковского, который, помимо чисто научного и практического значения, должен явиться фактором укрепления и дальнейшего развития связей ученых Турции и СССР.

Книга была преподнесена Советской делегацией на торжествах 10-летия Турецкой республики ее президенту и всем министрам, а также передана Сельскохозяйственному институту в Анкаре в день его открытия.

Результаты публикуемых исследований показали, что Турция является обладательницей ценнейших сортов культурных растений, при-

чем наибольшее практическое значение имеют следующие культуры: 1) яровые твердые пшеницы, оказавшиеся очень урожайными, скороспелыми, знобевыносливыми, 2) ржи — чрезвычайно разнообразных сорта; 3) ячмени, отличающиеся крупнозерностью, урожайностью и высоким содержанием белка; 4) люцерна, исключительно зимостойкая и очень урожайная; 5) опийные маки, очень скороспелые и богатые содержанием морфия (20—27%); 6) новый вид двухлетнего аниса — анизет, переизмывающийся в Ц. Ч. О., дающий свыше 8% эфирного масла (обыкновенный анис дает до 2—3%) и иммунитет к грибным заболеваниям, поражающим этот последний; 7) дыни, лучшие в мире по сладости и сочности; 8) вики, чрезвычайно урожайные по кормовому зерну; 9) огурцы, оказавшиеся родоначальниками наших муромских огурцов; 10) высокомасляные тыквы; 11) овсы византийские, чрезвычайно зимостойкие; 12) очень ценные по своим качествам бобовые — фасоль, чина, горохи и др.

Книга состоит из нижеследующих 22 глав, входящих в состав общей и специальной части. Первая из них содержит описание: 1) территории Анатолии, 2) оро-геологии, 3) гидрографии, 4) климатических провинций, 5) растительных формаций, 6) географических и сельскохозяйственных ландшафтов, 7) истории и этнографии, 8) сельского хозяйства и 9) посевных площадей. Специальная часть состоит из 12 глав, из которых каждая посвящена отдельной группе возделываемых или полезных растений. Последняя глава содержит „заключение“, дающее общую характеристику культурных растений Анатолии и намечающее очередные задачи дальнейшего исследования ее растениеводства. В нем автор указывает, что привезенный из Анатолии семенной материал оказался чрезвычайно ценным для целей селекции благодаря тому, что он представляет собою богатые формами популяции различных экологических типов. Сочетание таких комплексных признаков, как раннеспелость, иммунитет, высокая химическая продуктивность, семенная урожайность, засухоустойчивость, дает в руки селекционера исключительный для дальнейшего творчества материал.

Некоторые из привезенных сортов уже нашли применение в сельском хозяйстве различных районов СССР. Так, византийские овсы из Анатолии оказались отличными сортами для зимней культуры в хлопковых районах Ганджинского округа. Анатолийские вики входят в размноженную для животноводческих районов нечерноземной полосы СССР, благодаря своей холодоустойчивости и урожайности по зерну. Упомянутый выше новый вид аниса — анизет, до сих пор в сельском хозяйстве неизвестный, по всей вероятности, откроет новую эру в культуре этого растения, позволит продвинуть его значительно дальше на север.

Фруктовые растения Анатолии — разнообразие видов и культурных сортов миндаля, сливы, груши, вишни, орехов, внутривидовое многообразие инжира, фисташки, каштана, огромные ресурсы по дикому и культурному винограду — создают совершенно исключительные возможности как для селекции, так и для применения их в качестве подвоев, прививок и пр.

Но и в научном отношении, в отношении географии и центров формообразования культурных растений, Малая Азия представляет исключительный интерес. Полученные, в результате ботанико-географического изучения привезенных материалов, данные, изложенные в реферируемой книге, могут быть сведены к следующему. Анатолия является страной яровых форм пшеницы и ржи, на ее центральном плоскогорье лежит крайняя западная граница разнообразия мягкой и карликовой пшениц. Географическая концентрация богатых формами популяций безостой пшеницы устанавливается именно в восточной и центральной Анатолии, а также и в Советской Армении, являющейся по существу ее восточным продолжением. Безостые, мягкие пшеницы Европы, вплоть до наших „полтавок“, имеют свои корни именно в Анатолии. Точно также Анатолия является несомненным центром формообразования диких пшениц — однозернянок. Она же является центром разнообразия культурных и диких форм ржи, причем здесь отчетливо выявлен весь генезис ржи, начиная от однолетней, дикой горной ржи до поразительного разнообразия культурной ржи в Восточной Анатолии.

В противоположность этому изучение ячменей Анатолии, несмотря на их значительную своеобразность, приводит к заключению, что не здесь находится центр их происхождения.

Овсы и овсюги, широко распространенные в Старом Свете, имеют здесь чисто малоазийские подвиды — и именно в Малой Азии лежит центр развития византийского овса.

Анатолия является центром формообразования и для ряда бобовых: гороха, средне-семянных чечевицы, бобов, нута и др. Здесь же можно наблюдать вхождение в культуру ряда диких кормовых растений, как видов вики, люцерны, эспарцета и др. Точно также возникла и группа многочисленных плодовых культур.

Опийный мак, нахождение которого в Анатолии носит вторичный характер, представляет исключительный интерес, так как здесь образовалась обособленная ботанико-географическая группа сортов, чрезвычайно богатых морфином.

Собранные данные, далеко не исчерпанные этой рецензией, дают богатый и ценный материал для работы над происхождением культурных растений.

К книге приложены: описание нового вида пшеницы, названного в честь Вавилова — *Triticum Vavilovi* (Tum.) Jakubz., библиографический указатель литературы, статистические сведения, ряд указателей, облегчающих пользование книгой и обширное резюме на французском языке.

Привезенный проф. Жуковским семенной материал уже в настоящее время играет большую роль в селекционной работе наших опытных сельскохозяйственных учреждений. Но выполненная Институтом растениеводства работа важна не только для СССР, но и для Турции, которая в настоящее время получила полное осведомление о своих культурных растениях, о существовании многих из которых вообще ничего не было известно.

Вследствие этого опубликование реферируемого труда надо считать чрезвычайно важным для сельского хозяйства обеих стран.

Книга прекрасно издана, в хорошем переплете, на очень хорошей бумаге, благодаря чему многочисленные фотографии и рисунки вышли очень четко, цветные таблицы выполнены безукоризненно; вследствие этого назначенную за книгу, почти в 1000 страниц объемом, цену 22 р. надо считать очень низкой.

Е. Вульф.

Реферативный биологический журнал (иностранная литература). Ред. коллегия: И. И. Агол (отв. ред.), Л. И. Курсанов, М. Л. Левин, Л. С. Штерн. Т. I, в. 1—2, 1933, стр. 95. Москва, Гос. Мед.-Издат. Тираж 1000. Ц. 6 р.

Появление в нашей биологической литературе рецензируемого журнала безусловно заслуживает быть отмеченным. Как в дореволюционный период, так и до настоящего времени, реферирование научной иностранной литературы носило случайный, эпизодический характер. Оно имело место только в очень небольших отделах ряда периодических изданий, не ставивших своей задачей регулярную информацию читателей и постоянную ориентировку их в иностранной научной литературе.

Стремление внести планоность в научную работу, характерное для развития советской науки, нашло отражение и в деле реферирования научной литературы и привело к появлению специального биологического реферативного журнала. Нужно всемерно приветствовать это ценное начинание. Рост наших научных кадров, быстро включающихся в исследовательскую работу, настоятельно требовал подобного издания. Иностранные *Bericht*'ы далеко не всегда доступны, особенно в провинции: наши начинающие научные работники не всегда уже в такой мере владеют языками, чтобы сразу же следить за литературой по иностранным изданиям. Наш научный молодежь не имел возможности овладеть иностранными языками до начала своей исследовательской деятельности, он овладевает ими в процессе самой работы, и Реферативный биологический журнал поможет ему с первых же шагов следить за иностранной литературой и течением зарубежной научной мысли.

Журнал емится охватить все отделы биологии, включая и прикладные вопросы. Предполагается издание 1 тома в год, по видимому, в 4 вы-

пусках. Возникает опасение, насколько удастся охватить при таком объеме все разделы биологии. Редакция, правда, отмечает, что она не стремится исчерпать всю иностранную литературу; но вышедший выпуск показывает, что охват взят редакцией довольно широкий. В рецензируемый выпуск вошло большое количество работ, которые едва ли могут считаться „наиболее ценными и интересными в области биологии“. Много работ мелких, не вносящих ничего принципиально нового; если редакция полагает уделять место таким работам и далее, то придется издавать в год не один том, а по крайней мере десять. В этом, конечно, нет никакой надобности и, хотя расширение журнала несомненно желательно и необходимо, все же надо пожелать, чтобы в дальнейшем делался более тщательный отбор материала, и мелкие малоценные работы не занимали в нем место.

Рецензенту представляется также целесообразным сузить несколько самую программу журнала. В этом отношении было бы желательно отказаться от введения в журнале отделов по систематике. Зоологическая и ботаническая систематическая литература настолько разрослась, что специалист-систематик, конечно, ни в коей мере не удовлетворит то количество работ, которые смогут найти место в журнале. С другой стороны едва ли эти отделы имеют какой-либо интерес для специалистов в других областях. Так как практика неизбежно покажет необходимость сужения первоначальной программы, то, думается, что предлагаемая мера наиболее отвечает интересам дела.

Требует дальнейшей проработки вопрос о разбивке отделов. Едва ли, например, целесообразно разбивать отдел генетики на зоологическую и ботаническую генетику. Совершенно недостаточен тираж издания, а отсюда и слишком высокая его цена. Надо также пожелать, чтобы редакция не забывала о необходимости указателей, являющихся очень важной частью подобных изданий. В вышедшем выпуске нет даже указателя авторов, безусловно необходимого в каждом выпуске журнала.

Издание Реферативного биологического журнала является несомненным достижением советской науки; нужно полагать, что вся масса научных работников-биологов поддержит это ценное начинание, предпринятое Сектором науки Наркомпроса РСФСР.

З. Кацнельсон.

Напечатано по распоряжению Академии Наук СССР

Февраль 1934 г.

Непременный секретарь академик *В. Воллин.*

Ответственный редактор академик *А. А. Борисяк.*

Члены редакционной коллегии { *Акад. С. И. Вавилов, акад. Б. А. Келлер,*
проф. Я. М. Урановский (зам. отв. редактора),
проф. А. Ю. Харит.

Ответственный секретарь редакции д-р *М. С. Королицкий.*

Обложка работы *А. А. Улиня.* — Технический редактор *А. Д. Покровский.* — Ученый корректор *М. М. Свастьянов.*
Сдано в набор 27 января 1934 г. — Подписано к печати 17 февраля 1934 г.

Ленгорт № 4011. — Бум. 72 × 110 см. — 5 печ. л. — 72 800 тип. в. в л. — Тираж 7175. — АНИ № 19. — Заказ № 2446

РУКОВОДИТЕЛИ ОТДЕЛОВ И СОТРУДНИКИ „ПРИРОДЫ“

Математика. Акад. *С. Н. Бернштейн* (редактор отдела), доц. *Б. И. Сетал* (пом. ред.), акад. *И. М. Виноградов*, доц. *В. Д. Купрадзе* и др.

Физика и астрономия. Акад. *С. И. Вавилов* (редактор отдела), проф. *Ю. П. Шейн* (пом. ред. по отд. физики), доц. *М. С. Эйзенсон* (пом. ред. по отд. астрономии), доц. *В. А. Амбарцумян*, акад. *А. А. Белопольский*, доц. *М. П. Бронштейн*, *А. Б. Веригу*, доц. *Б. М. Вул*, почетн. чл. АН проф. *С. П. Глазенап*, *Л. В. Грошев*, *Д. И. Еропкин*, проф. *Н. И. Идельсон*, акад. *П. П. Лаварев*, чл.-корресп. АН проф. *Г. С. Ландсберг*, акад. *В. Ф. Миткевич*, чл.-корресп. АН проф. *П. М. Никифоров*, чл.-корресп. АН проф. *Б. В. Нумеров*, чл.-корресп. АН проф. *К. Д. Покровский*, акад. *Н. Н. Семенов*, чл.-корресп. АН *Д. Л. Талмуд* и др.

Химия. Акад. *Н. С. Курнаков* (редактор отдела), доц. *М. А. Бендерский* (пом. ред.), проф. *М. А. Блох*, *А. П. Виноградов*, проф. *А. А. Гринберг*, проф. *С. Н. Данилов*, проф. *О. Е. Звягинцев*, *А. В. Лозовой*, проф. *Н. А. Орлов*, *А. Д. Петров*, инж. *Н. И. Родный*, чл.-корресп. АН проф. *Н. И. Степанов*, проф. *Н. А. Трифонов*, чл.-корресп. АН проф. *В. Г. Хлопин*, проф. *А. А. Яковкин* и др.

Геология с палеонтологией. Акад. *А. А. Борисляк* (редактор отдела), доц. *В. А. Ковда* (пом. ред.), акад. *А. Д. Архангельский*, чл.-корресп. АН проф. *Д. С. Беллякин*, акад. *В. И. Вернадский*, президент Всесоюзн. Акад. Наук акад. *А. П. Карпинский*, акад. *Ф. Ю. Левинсон-Лессинг*, проф. *Б. Л. Личков*, акад. *В. А. Обручев*, *Ю. А. Орлов*, акад. *А. Е. Ферсман*, чл.-корресп. АН проф. *А. В. Шубников*, проф. *Я. С. Эдельштейн* и др.

Общая биология с микробиологией. Акад. *Г. А. Надсон* (редактор отдела), д-р *А. А. Имшенецкий* (пом. ред.), чл.-корресп. АН проф. *Г. Д. Белоновский*, проф. *Б. Н. Вишневский*, *Т. Л. Гинзбург-Карагичева*, *С. Я. Залкинд*, проф. *В. П. Израильский*, проф. *Э. С. Кацнельсон*, чл.-корресп. АН проф. *Н. К. Кольцов*, проф. *А. В. Немолов*, проф. *Л. И. Рубенчик*, проф. *В. С. Садиков*, проф. *Н. Г. Хлопин*, проф. *Ю. Ю. Шахсель* (Prof. Dr. J. Schaxel), проф. *Б. П. Эберт* и др.

Ботаника. Акад. *Б. А. Келлер* (редактор отдела), чл.-корресп. АН проф. *Н. А. Буш*, проф. *Е. В. Вульф*, проф. *Н. Н. Иванов*, чл.-корресп. АН проф. *Б. Л. Исаченко*, акад. *В. Л. Комаров*, проф. *А. Н. Криштофович*, акад. ВУАН *В. Н. Любименко*, *И. В. Мичурин*, акад. *А. А. Рихтер*, проф. *В. А. Траншель*, проф. *Б. А. Федченко*, акад. ВУАН *А. В. Фомин*, акад. ВУАН *Н. Г. Холодный* и др.

Зоология. Акад. *А. Н. Северцов* (редактор отдела), проф. *Д. М. Федотов* (пом. ред.), чл.-корресп. АН проф. *Л. С. Берг*, проф. *С. Н. Боголюбовский*, проф. *К. М. Дерюгин*, проф. *В. А. Догель*, акад. *С. А. Зернов*, чл.-корресп. АН проф. *Н. М. Книпович*, проф. *Н. Я. Кузнецов*, проф. *Б. С. Матвеев*, проф. *Е. Н. Павловский*, *М. И. Тихий*, *А. Я. Туаринов*, проф. *Б. Н. Шванвич*, проф. *П. Ю. Шмидт*, проф. *В. Л. Якимов* и др.

Физиология. Чл.-корресп. АН проф. *Л. А. Орбели* (редактор отдела), д-р *Э. А. Асратян* (пом. ред.), проф. *Б. М. Завадовский*, проф. *М. М. Завадовский*, проф. *В. С. Исупов*, проф. *Х. С. Коштанц*, *Е. М. Крепс*, доц. *Ю. В. Медведев*, акад. *И. П. Павлов*, проф. *Н. А. Подкопаев*, чл.-корресп. АН проф. *А. А. Ухтомский*, проф. *А. Ю. Харит* и др.

Генетика. Акад. *Н. И. Вавилов* (редактор отдела), *Ю. Я. Керкис*, д-р *Д. Костов* (Dr. D. Kostoff), *Т. К. Лепин*, проф. *Г. Г. Мёллер* (Prof. H. J. Muller) и др.

Почвоведение. Чл.-корресп. АН проф. *Б. Б. Польнов* (редактор отдела), проф. *Р. И. Аболин*, *И. Н. Антипов-Каратаев*, чл.-корресп. АН *Л. И. Прасолов* и др.

История и философия естествознания. Проф. *Я. М. Урановский* (редактор отдела), проф. *С. Ф. Васильев*, проф. *Б. Н. Выропаев*, чл.-корресп. АН проф. *Б. М. Гессен*, доц. *Б. М. Кедров*, проф. *А. А. Максимов* (Москва), проф. *Г. С. Тымянский*, проф. *Р. А. Янковский* и др.

В журнале принимают также участие: проф. *В. Я. Альтберг*, акад. *А. А. Байков*, инж. *В. Н. Васильев*, проф. *Н. А. Копылов*, проф. *П. А. Молчанов*, почетн. чл. АН проф. *Н. А. Морозов*, проф. *Б. П. Мультиановский*, *А. И. Толмачев* и др.

Цена 1 р. 25 к.

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

НА 1934 ГОД ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА НА 1934 ГОД

== НА ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПОПУЛЯРНЫЙ ==
ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ИЗДАВАЕМЫЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК СССР

23-й год издания

„ПРИРОДА“

23-й год издания

Ответственный редактор акад. А. А. БОРИСЯК

Члены редакционной коллегии: акад. С. И. Вавилов, акад. Б. А. Келлер, акад. Н. С. Курнаков, проф. Я. М. Урановский (зам. отв. редактора), проф. А. Ю. Харит, проф. Ю. Ю. Шаксель (Prof. Dr. J. Schaxel).

Отв. секретарь редакции д-р М. С. Королицкий.

Журнал популяризирует достижения современного естествознания в СССР и за границей, наиболее общие вопросы техники и медицины и освещает их связь с социалистическим строительством. Информирова читателей о новых данных в области конкретного знания, журнал вместе с тем освещает общие проблемы естественных наук, преодолевая реакционные направления в теоретическом естествознании.

В журнале представлены все основные отделы естественных наук, организованы также отделы: история и философия естествознания, новости науки, научные съезды и конференции, жизнь институтов и лабораторий, критика и библиография.

Редакторами отделов являются: математики — акад. С. Н. Бернштейн; физики и астрономии — акад. С. И. Вавилов; химии — акад. Н. С. Курнаков; геологии и палеонтологией — акад. А. А. Борисяк; общей биологии — проф. Ю. Ю. Шаксель (Prof. Dr. J. Schaxel); ботаники — акад. Б. А. Келлер; зоологии — акад. А. Н. Северцов; физиологии — чл.-корресп. АН проф. Л. А. Орбели; генетики — акад. Н. И. Вавилов; микробиологии — акад. Г. А. Надсон; почвоведения — чл.-корресп. АН проф. Б. Б. Польшов.

Журнал рассчитан на научных работников и аспирантов: естествовников и общественников, на преподавателей естествознания высших и средних школ. Журнал стремится удовлетворить запросы всех, кто интересуется современным состоянием естественных наук, в частности широкие круги работников прикладного знания, сотрудников отраслевых институтов: физиков, химиков, растениеводов, животноводов, инженерно-технических, медицинских работников и т. д.

В 1934 г. журнал выходит в увеличенном объеме

ПОДПИСНАЯ ЦЕНА: На год за 12 №№ . . . 15 руб. — коп.
На 1/2 года за 6 №№ . . . 7 руб. 50 коп.

Подписку и деньги направлять в Сектор распространения Издательства Академии Наук СССР: Ленинград 1, В. О., Менделеевская лин., 1, тел. 5-92-62. Подписка принимается также доверенными Издательства, снабженными специальными удостоверениями.

Редакция: Ленинград 1, В. О., Менделеевская лин., 1, тел. 669-38 и 555-78.