

ПРИРОДА



1930

ДЕВЯТНАДЦАТЫЙ
ГОД ИЗДАНИЯ

№ 9

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ СОЮЗА

с 1921 г. издается Академией Наук СССР

ПОДПИСКА, ПРОДАЖА, РАССЫЛКА, и все справки, с ними связанные, производятся через Сектор распространения Издательства Академии Наук СССР, Ленинград, 1, В. О., Таможенный пер., д. 2, тел. 5-55-78.

ПО ВОПРОСАМ РЕДАКЦИОННЫМ обращаться в редакцию,
Ленинград, 1, В. О., Тифлисская ул., д., 1, тел. 5-92-62.

К сведению сотрудников „ПРИРОДЫ“

- 1) Объем представляемых статей не должен превышать 30 000 печатных знаков.
- 2) Рукописи должны быть четко переписаны на одной стороне листа; следует оставлять поля. Особое внимание должно быть обращено на то, чтобы собственные имена, латинские названия и формулы были написаны четко. Рукописи должны быть совершенно готовы к печати.
Редакция обращает внимание на то, что рукописи, переписанные на машинке или вообще переписанные не самим автором, должны быть перед сдачей в редакцию прочитаны и исправлены автором, ибо опыт показывает, что при переписке, как правило, допускаются грубые ошибки и искажения.
Если к статье имеются рисунки, они должны быть приложены к рукописи с указанием мест их размещения.
- 3) Желательно, чтобы литературные ссылки приводились в конце статьи в виде списка литературы. Во всяком случае, ссылки должны *делаться по следующей форме*:
М. П л а н к. Физическая реальность световых квант. Природа, 1927, № 9, стр. 665.
т. е. инициалы, фамилия автора в разрядку, точка, название статьи без кавычек, точка, название журнала без кавычек, запятая, том, выпуск или номер, запятая, год (без слова „год“), запятая, страница, точка.
- 4) При рефератах обязательно должно быть указано, где помещена реферируемая статья.
- 5) Пересказы рефератов, помещенных в других органах, не принимаются.
- 6) Меры должны употребляться исключительно метрические. Сокращенные наименования делаются русскими буквами по схеме, принятой Государств. издательством.
- 7) Следует по возможности избегать технических сокращений, особенно — понятных лишь узкому кругу лиц.
- 8) Фамилии иностранных авторов должны быть даны в русской транскрипции. В скобках может быть указано иностранное написание.
- 9) Фамилии авторов в тексте, а равно латинские названия животных и растений, набираются обычным шрифтом (не в разрядку и не курсивом), а потому в рукописи не выделяются никаким особым знаком.
- 10) В случае надобности, в рукописи могут быть сделаны редакцией сокращения и изменения.
- 11) По поводу неприятных к печати рукописей редакция не вступает ни в какие объяснения.
- 12) Гонорар за статьи и заметки уплачивается тотчас по напечатании рукописи в размере 100 рублей за 40 000 печ. зн. (оригинальные статьи и заметки).
- 13) По желанию автора, ему может быть послана одна корректура. Корректура вместе с оригиналом должна быть отослана редакции на следующий день по получении. В корректуре допускаются только исправления типографских ошибок и изменения отдельных слов; никакие вставки не допускаются.
- 14) Адрес для рукописей и корректур: Ленинград, 1, Тифлисская, 1, „Природа“.

ЛТМРОДА

полужурнальный
естественно-исторический журнал

основанный в 1912 г. и издававшийся

Н. К. Кольцовым, Л. В. Писаржевским,
Л. А. Тарасевичем и А. Е. Ферсманом.

№ 9

ГОД ИЗДАНИЯ ДЕВЯТНАДЦАТЫЙ

1930

СОДЕРЖАНИЕ

Проф. Я. И. Френкель. Принципы
квантовой статистики (с 2 фиг.).

Н. В. Белов. Открытие изотопов кисло-
рода, углерода и азота (с 7 фиг.).

Н. Г. Хлопин. Значение метода экс-
плантации для морфологии.

М. М. Соловьев. Сапропели.

Акад. А. Е. Ферсман. Горная Хибин-
ская станция „Тьетта“ (с 3 фиг.
и 1 табл.).

НАУЧНЫЕ НОВОСТИ И ЗАМЕТКИ

Физика. Фотоэлектрометаллургия.

Химия. Благородные металлы в химиче-
ской промышленности. Цезий, рубидий
и литий.

Ботаника. Древность покрытосемянных.

Биология. Ванадий в организмах. Функция
кишечных лимфоцитов. Влияние ионов
кальция и натрия на работу слюноотде-
лительного центра.

География. В качестве естествоиспытателя
в Индию.

Научная хроника.

Рцензии.

Библиография.

Издательство Академии Наук СССР

Комиссия по изучению естественных производительных сил Союза (КЕПС)

ЛЕНИНГРАД

1930

Принципы квантовой статистики

Проф. Я. И. Френкель

I. Классическая механика и статистика

Классическая механика ставила себе задачей определение движения отдельной частицы или системы частиц при заданных начальных условиях. В простейшем случае отдельной частицы, движущейся в определенном внешнем силовом поле, эти условия сводятся к заданию координат частицы x, y, z и слагающих ее скорости v_x, v_y, v_z в некоторый „начальный“ момент времени $t = t_0$. Так как сила определяет ускорение частицы, т. е. быстроту изменения ее скорости, и в свою очередь определяется ее положением, то по этим данным можно определить путем вычисления всю предыдущую и последующую историю частицы.

Если мы будем непрерывным образом варьировать начальные условия, т. е. начальные значения величин x, y, z, v_x, v_y, v_z , то мы получим непрерывное многообразие движений одной и той же частицы, или—если все эти движения рассматривать вместе—„континуума экземпляров“ одной и той же частицы. Само собой разумеется, что всякое взаимодействие между этими экземплярами исключается. Задачи, в которых нам приходится иметь дело с большим (или бесконечным) числом экземпляров одного и того же объекта, называются статистическими. Соответственно этому механика множества экземпляров одной и той же частицы—или в общем случае системы частиц—называется „статистической механикой“ (или просто статистикой).

Континуум экземпляров представляет собой, конечно, вымышленный, фиктивный объект. В действительно-

сти, однако, нам приходится иметь дело на каждом шагу с сложными объектами, образованными конечным, но чрезвычайно большим числом тождественных частиц. Такими объектами являются все обычные материальные тела.¹ Существенным отличием их от континуума экземпляров—помимо дискретности—является наличие сил взаимодействия между отдельными частицами („экземплярами“). Эти силы не играют роли (вследствие своей малости) лишь в случае разреженных газов. Игнорируя их, мы получаем идеализированный или „идеальный“ газ, отличающийся от „континуума экземпляров“ статистической механики лишь конечностью числа частиц и, в связи с этим, конечной величиной различия в начальных условиях их движения. Однако, в случае очень большого числа частиц, это обстоятельство практически не имеет значения.

В некоторых случаях представление об идеальном газе может быть сохранено и при учете сил взаимодействия между рассматриваемыми частицами, а именно, путем замены этих „внутренних“ сил более или менее эквивалентным им внешним „силовым полем“. Так, напр., поступают при изучении движения электронов в атоме, металле и т. д. (см. ниже).

Основная задача статистической механики идеального газа заключается в исследовании распределения частиц по различным состояниям. При этом „состояние“ отдельной частицы определяется значениями ее координат

¹ Если отвлечься от внутренней структуры их молекул, т. е. рассматривать последние как материальные точки.

нат x, y, z и слагающих скорости v_x, v_y, v_z в рассматриваемый момент времени. Распределение характеризуется числом частиц dN , для которых эти величины заключаются в определенных, весьма малых интервалах, а именно, между x и $x + dx$, y и $y + dy$ и т. д. Число dN должно быть очевидно пропорционально всем этим интервалам, т. е., следовательно, их произведению

$$(1) \quad d\omega = dx \cdot dy \cdot dz \cdot dv_x \cdot dv_y \cdot dv_z$$

и может быть представлено в виде

$$(2) \quad dN = f(x, y, z; v_x, v_y, v_z; t) d\omega,$$

где f — коэффициент пропорциональности, называемый плотностью распределения в протяженности шести измерений, образуемой совокупностью величин x, y, z, v_x, v_y, v_z . Эту протяженность обычно называют фазовым пространством.

Плотность f зависит, вообще говоря, не только от этих шести величин, но и от времени t . В том случае, если она от времени не зависит, распределение называется стационарным или равновесным. При этом величина f должна представлять собой функцию полной энергии W частицы, находящейся в соответствующем состоянии, т. е. суммы кинетической энергии $\frac{1}{2}m(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)$ и потенциальной энергии $U(x, y, z)$. Вид этой функции $f(W)$ остается произвольным. Если, однако, потребовать, чтобы рассматриваемое равновесное распределение не нарушилось при включении слабых сил взаимодействия между частицами (напр. сил, проявляющихся при „столкновениях“ атомов газа друг с другом), то для плотности получается следующее выражение, впервые предложенное Максвеллом и обобщенное Больцманом:

$$(3) \quad f(W) = C \cdot e^{-\frac{W}{kT}}.$$

Здесь C представляет собой коэффициент пропорциональности (не зависящий от x, y, z , и т. д.), k — так на-

зываемую постоянной Больцмана $= 1.3 \times 10^{-16}$, а T — абсолютную температуру. Последняя связана с средним значением кинетической энергии одной частицы $\frac{1}{2}m\bar{v}^2$ известной формулой кинетической теории газов:

$$(4) \quad \frac{1}{2}m\bar{v}^2 = \frac{3}{2}kT.$$

II. Квантовая механика Н. Бора и квантовая статистика

Перенесение законов классической механики и связанной с ней статистики на элементарные процессы и, прежде всего, на движение электронов в атомах натолкнулось, как известно, на непреодолимые противоречия. Эти противоречия нашли свое первое оформление в квантовой теории Бора, выдвинувшей принцип существования прерывного ряда „избранных“ движений, подчиняющихся закону классической механики, и могущих переходить друг в друга скачкообразно, не подлежащим более точному описанию образом. Эти избранные движения, соответствующие определенным дискретным значениям энергии (а также других постоянных, как напр. момента количества движения) называются стационарными или квантованными. В простейшем случае частицы, свободно движущейся в прямоугольном ящике при отсутствии внешних сил, кроме тех, которые вызывают правильное отражение ее при ударе о стенки, численное значение каждой из трех слагающих скорости v_x, v_y, v_z вдоль прямых параллельных ребрам ящика a, b, c остается постоянным; в случае квантованных движений эти постоянные определяются формулами:

$$(5) \quad v_x = \frac{hn_1}{2ma}, \quad v_y = \frac{hn_2}{2mb}, \quad v_z = \frac{hn_3}{2mc},$$

где m — масса частицы, h — так наз. постоянная Планка ($= 6.55 \times 10^{-27}$), а n_1, n_2, n_3 — произвольные целые неотрицательные числа. Соответственно

этому для (кинетической) энергии частицы $W = \frac{1}{2} m (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)$ получается выражение:

$$(6) \quad W = \frac{h^2}{8m} \left(\frac{n_1^2}{a^2} + \frac{n_2^2}{b^2} + \frac{n_3^2}{c^2} \right).$$

Аналогичными формулами характеризуются квантованные движения частицы в любом (внешнем) силовом поле, способном удерживать ее на конечном расстоянии. Аналогия заключается в том, что во всех этих случаях мы имеем три квантовых условия, в каждое из которых входит (произвольное) целое число, и что энергия частицы выражается в функции этих трех „квантовых чисел“. Так напр., в случае движения электрона вокруг положительного ядра, притягивающего ее по закону Кулона, энергия может принимать следующие значения:

$$W = - \frac{A}{(n_1 + n_2 + n_3)^2} \quad (A \text{ — постоянная}),$$

где число n_1 характеризует радиальную составляющую движения, а числа n_2 и n_3 — угловые составляющие. Сумму $n_1 + n_2 + n_3 = n$ называют главным квантовым числом, а сумму $n_2 + n_3 = l$, характеризующую момент количества движения (секториальную скорость) — угловым квантовым числом. То обстоятельство, что разным типам движения, т. е. разным тройкам чисел n_1, n_2, n_3 , при одинаковости их суммы, соответствует одна и та же энергия, называется вырождением.

В то время, как в классической механике „состояние“ частицы характеризуется шестью величинами, а именно ее координатами x, y, z и слагающими скорости v_x, v_y, v_z , — в квантовой теории Бора под „состоянием“ подразумевается определенное (стационарное) движение, характеризующее совокупностью трех квантовых чисел n_1, n_2, n_3 . Таким образом, стационарное состояние в смысле теории Бора объемлет непрерывное многообразие состояний в смысле классической механики.

Объем той части фазовой протяженности, которая приходится на одно

стационарное состояние теории Бора, имеет для всех этих состояний одну и ту же величину, равную $\left(\frac{h}{m}\right)^3$, если выразить ее как сумму величин $d\omega$ (1).

Подобную часть фазовой протяженности называют обычно „элементарной фазовой клеткой“. Следует заметить, что вопрос о форме этих „клеток“ остается совершенно открытым и практически не играет роли.

Квантовая статистика отличается от классической прежде всего тем, что она рассматривает каждое стационарное состояние как нечто целое, не анализируя его на многообразие состояний в смысле классической механики. Соответственно этому, при изучении идеального газа, образованного большим числом экземпляров одной и той же частицы, квантовая статистика фиксирует их „распределение“ заданием среднего числа экземпляров N_i находящихся в i -ом стационарном состоянии ($i = 1, 2, 3, \dots$).¹ В случае распределения, не зависящего от времени („равновесного“), число N_i оказывается, так же, как и в классической статистике, функцией энергии соответствующего состояния. Однако, функция эта, вообще говоря, отличается от Максвелль-Больцмановской функции (3).

В настоящее время различают два вида квантовой статистики, а именно статистику Паули-Ферми и статистику Бозе-Эйнштейна. Первая из них приводит к распределению, выражаемому формулой

$$(7) \quad \bar{N}_i = \frac{1}{\frac{1}{A} e^{\frac{w_i}{kT}} + 1},$$

а вторая — к распределению

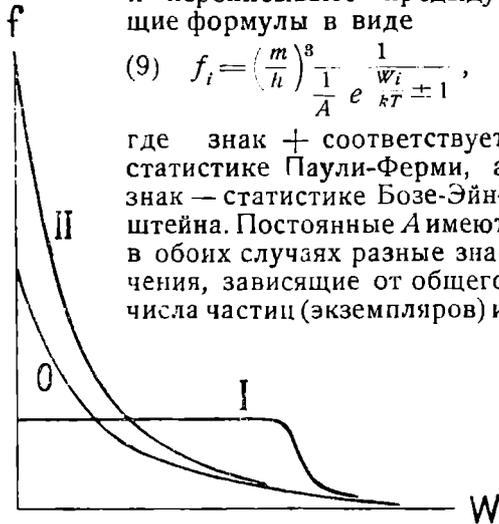
$$(8) \quad \bar{N}_i = \frac{1}{\frac{1}{A} e^{\frac{w_i}{kT}} - 1}.$$

¹ Фактическое число экземпляров в i -ом состоянии N_i может в каждый момент времени отклоняться от среднего в ту или другую сторону.

Принимая во внимание, что одно квантовое состояние соответствует фазовому объему $\left(\frac{h}{m}\right)^3$, часто полагают $\bar{N}_i = f_i \left(\frac{h}{m}\right)^3$, где f_i обозначает плотность распределения в классическом смысле (т. е. в фазовом пространстве) и переписывают предыдущие формулы в виде

$$(9) \quad f_i = \left(\frac{m}{h}\right)^3 \frac{1}{A} \frac{1}{e^{\frac{W_i}{kT} \pm 1}},$$

где знак $+$ соответствует статистике Паули-Ферми, а знак $-$ статистике Бозе-Эйнштейна. Постоянные A имеют в обоих случаях разные значения, зависящие от общего числа частиц (экземпляров) и

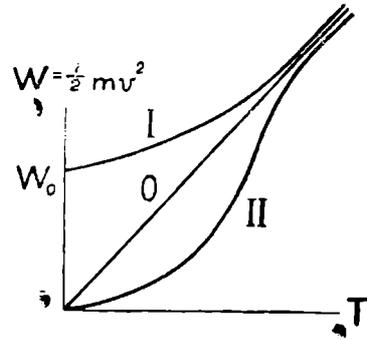


Фиг. 1.

от температуры. При достаточно высоких температурах выражения $\frac{1}{A} e^{\frac{W_i}{kT}}$ становятся очень большими в сравнении с 1, так что обе формулы (9) сводятся практически к классической формуле Максвелла-Больцмана (4), причем $A \left(\frac{m}{h}\right)^3 = C$.

С понижением температуры квантовые распределения все более и более отклоняются от классического и притом в противоположные стороны. Эти отклонения могут быть иллюстрированы кривыми (фиг. 1), а также зависимостью от температуры средней кинетической энергии частиц идеального газа, изображенной графически на фиг. 2; в обоих случаях кривые 0 соответствуют классической статистике, кривые I — статистике Паули-Ферми, а кривые II — статистике Бозе-Эйнштейна. В случае статистики Паули-

Ферми средняя кинетическая энергия при абсолютном нуле температуры W_0 оказывается отличной от нуля и притом тем большей, чем больше число частиц газа в данном объеме. С по-



Фиг. 2.

вышением температуры различие значений средней энергии, даваемых всеми тремя статистиками, постепенно уменьшается.

III. Истолкование квантовой статистики с точки зрения волновой механики

Выше мы изложили лишь основные результаты квантовой статистики, совершенно не касаясь ни области применения того и другого ее варианта, ни ее обоснования с какой-либо общей физической точки зрения. Следуя историческому развитию физики за последние 30 лет, мы должны были бы пройти довольно сложный и извилистый путь, что потребовало бы и слишком много места и слишком много труда со стороны читателя. Мы выберем поэтому другой, более простой путь, связанный с новейшим развитием теории квантов в виде так называемой волновой механики.

Согласно волновой механике, поступательному движению всякой материальной частицы соответствует пространство ряда волн, длина которых λ связана с количеством движения частицы mv формулой де-Бройля

$$(10) \quad mv = \frac{h}{\lambda}.$$

В случае колебательного движения частицы мы получаем вместо бегущих волн, волны „стоячие“, которые можно рассматривать как результат интерференции волн, бегущих в противоположных направлениях. В случае частицы, движущейся между двумя стенками, перпендикулярными к направлению ее скорости и находящимися на расстоянии d друг от друга, длина волн должна быть такова, чтобы на этом расстоянии умещалось целое число (n) полуволн,—совершенно так же, как это имеет место в случае колебаний струны, закрепленной на обоих концах. Мы получаем таким образом следующее условие „стационарности“ движения:

$$(11) \quad d = n \cdot \frac{\lambda}{2}.$$

Заменяя здесь λ через скорость движения частицы согласно (10), мы находим для численного значения этой скорости выражение $v = \frac{h \cdot n}{2ma}$, совпадающее с одним из „квантовых условий“ (5).

Совокупность этих трех квантовых условий определяет, с волновой точки зрения, длину и направление распространения волн, могущих образовывать стоячие колебания внутри прямоугольного ящика с ребрами a, b, c .

Таким образом, квантованным состоянием теории Бора соответствуют с волновой точки зрения стоячие волны определенной длины и направления.

При этом интенсивность волн, т. е. квадрат амплитуды колебаний, определяет число экземпляров соответствующей частицы, находящихся в характеризуемом этими волнами состоянии. Если энергия последнего равна W_i , то при наличии в нем N_i экземпляров, энергия рассматриваемых волн равна $N_i W_i$.

Из этих представлений легко получить квантовое распределение (7) или (8), если предположить, во-первых, что для волн каждого типа вероятность энергии $N_i W_i$ пропорциональна

выражению $e^{-\frac{N_i W_i}{kT}}$ или, вернее,

$$(12) \quad e^{-\frac{N_i (W_i - W_0)}{kT}}$$

в соответствии с классическим распределением Максвелла - Больцмана, где W_0 представляет собой некоторую постоянную, от которой следует отсчитывать значения энергии, и, во-вторых, что число N_i может принимать: а) либо все значения, не превышающие общего числа частиц N (статистика Бозе-Эйнштейна), б) либо только значения $N_i = 0$ и $N_i = 1$ (статистика Паули-Ферми).

Среднее значение N_i , которое мы обозначим через \bar{N}_i , определяется в обоих случаях формулой

$$(13) \quad \bar{N}_i = \frac{\text{сумма } N_i e^{-\frac{N_i (W_i - W_0)}{kT}}}{\text{сумма } e^{-\frac{N_i (W_i - W_0)}{kT}}},$$

причем в случае (а) сумма распространяется на все целые значения N_i , начиная от нуля и кончая (практически) бесконечностью, а в случае (б)—на значения $N_i = 0$ и $N_i = 1$. В результате получается

$$(14) \quad \bar{N}_i = \frac{1}{e^{\frac{W_i - W_0}{kT}} \pm 1},$$

где знак $+$ соответствует случаю (б), а знак $-$ случаю (а), т. е. формула (7) или (8), причем величина W_0 связана

с постоянной A соотношением $A = e^{\frac{W_0}{kT}}$.

IV. Запрет эквивалентности (принцип Паули) и статистика электронного газа

Условие, ограничивающее значения N_i числами 0 и 1, называется принципом Паули или (по терминологии самого Паули) „запретом эквивалентности“. При этом под „эквивалентностью“ двух частиц подразумевается нахождение их в одном и том же стационарном состоянии. Принцип Паули не связан непосредственно с волновой

механикой и был формулирован еще до появления последней, исходя из анализа распределения электронов в атоме на основе теории Бора.

Боровская теория периодической системы элементов приводит, как известно, к тому выводу, что в сложных атомах электроны располагаются вокруг ядра в виде отдельных „колец“ или групп, соответственно разным значениям главного квантового числа n . При этом в первой ближайшей к ядру группе содержится максимум 2 электрона, во второй (образующейся после заполнения первой) — максимум 8, в третьей — максимум 18, в четвертой — максимум 32; вообще в n -ой группе — максимум $2n^2$ электронов. Более детальное исследование этой открытой Бором закономерности привело Стонера и Паули к тому выводу, что на каждую тройку квантовых чисел, из которых складывается главное квантовое число, т. е. на каждое мыслимое стационарное состояние или, другими словами, на каждую „квантованную электронную орбиту“ в сложном атоме приходится максимум 2 электрона. Вскоре выяснилось, что электрон имеет не только определенный электрический заряд, но вместе с тем является как бы маленьким магнитиком, ось которого во внешнем магнитном поле может принимать лишь два противоположных направления — а именно по полю и против поля. Таким образом, фиксируя ориентацию электрона, можно сказать, что каждое квантованное состояние в сложном атоме может быть представлено максимум одним электроном. В этом утверждении и заключается принцип Паули (формулированный им в 1924 г.).

Первоначально этот принцип применялся только к отдельным атомам, причем движение каждого электрона описывалось таким образом, как если бы оно происходило в некотором постоянном внешнем силовом поле, зависящем от ядра и среднего распределения заряда, образуемого остальными электронами. Другими словами, сово-

купность электронов трактовалась как некоторый идеальный газ, тяготеющий к ядру с его эффективным силовым полем. В последнее время это представление было с успехом применено Ферми к приближенному вычислению свойств сложных атомов. Введенное Ферми упрощение заключалось в замене квантованных состояний теории Бора фазовой протяженностью классической статистики; при этом принцип Паули сводится к тому условию, чтобы на каждую элементарную клетку фазовой протяженности (с объемом $(\frac{h}{m})^3$) приходился бы либо один электрон, либо ни одного. Далее расчет можно производить в предположении, что абсолютная температура электронного газа равна нулю, т. е. что атом находится в нормальном состоянии, соответствующем минимуму его энергии.¹

Вскоре, однако, после появления работы Паули, Ферми попытался распространить высказанный им принцип на любой одноатомный газ, находящийся в произвольном (внешнем) силовом поле и притом при любой температуре. Именно учет последней и привел к построению на основе принципа Паули новой статистики Паули-Ферми. Однако вскоре выяснилось, что принцип Паули применим не к любому газу, как это первоначально думал Ферми, но, строго говоря, только лишь к электронному (а также к протонному) газу.

В применении к последнему справедливость статистики Ферми была вскоре подтверждена работами Паули и Зоммерфельда о металлах. Своим отличительным свойством — способностью проводить электричество — металлы, как известно, обязаны присутствию в них подвижных, т. е. не связанных с определенными атомами, электронов. Эти электроны называются „свободными“. Свобода их, конечно,

¹ При этом фазовые клетки, соответствующие минимальным значениям энергии, заполнены, а все остальные — совершенно пусты.

относительная, так как они прочно связаны со всем коллективом атомов, образующих данный металл и потому при обычных условиях не могут вырваться наружу, т. е. за пределы ограничивающей его поверхности. В грубом приближении можно себе представить, что внутри металла свободные электроны движутся совершенно свободно, т. е. так, как если бы на них не действовали никакие силы, и что последние появляются лишь в поверхностном слое металла. С этой точки зрения металл можно представлять себе, как ящик с непроницаемыми стенками, наполненный определенным количеством свободных электронов, практически вовсе не действующих друг на друга (поскольку это действие в среднем компенсируется действием атомных остатков, т. е. положительных ионов). В этой упрощенной до пределов возможности форме квантово-статистическая теория электронного газа оказывается все же способной объяснить ряд свойств металлов, представлявших собой непреодолимые затруднения для классической теории (Друде-Лорентца). Так, напр., согласно последней, свободные электроны должны были бы участвовать в тепловом движении наравне с атомами и, следовательно, теплоемкость металлов должна была бы быть значительно больше, чем теплоемкость неметаллических одноатомных тел. В действительности теплоемкость тех и других, отнесенная к одному и тому же числу атомов, оказывается практически одинаковой — по крайней мере в области не слишком высоких температур. Это обстоятельство непосредственно объясняется с точки зрения статистики Паули-Ферми. Если мы взглянем на кривую 1 на фиг. 2, то мы увидим, что наклон ее к горизонтальной оси, определяющий теплоемкость, очень мал при $T \cong 0$ и приобретает нормальную („классическую“) величину лишь при более высокой температуре. Эта температура тем выше, чем больше концентрация электронного газа (т. е. число свободных электронов в еди-

нице объема металла, см. ниже). Считая, что на каждый атом приходится по одному свободному электрону, мы получаем для этой температуры значения порядка нескольких десятков тысяч градусов. Средняя энергия электронов при абсолютном нуле температуры имеет при этом такую величину, которую по классической статистике она имела бы при температурах только что указанного порядка.

Заметим, что в той области (не слишком высоких) температур, в которой имеют место значительные отклонения статистики Паули-Ферми от классической статистики, электронный газ называется „вырожденным“ (ввиду того, что присутствие его не проявляется в тепловом отношении). Степень вырождения, которая может быть измерена средним значением кинетической энергии электронов при абсолютном нуле, тем больше, чем больше число электронов в единице объема. Это обстоятельство явствует из следующих соображений. При построении элементарных фазовых клеток мы должны комбинировать некоторый пространственный объем V_i с некоторым „скоростным объемом“, т. е. протяженностью в пространстве скоростей, так чтобы их произведение равнялось $\left(\frac{h}{m}\right)^3$. Ввиду того, что энергия электронов не зависит от их положения внутри объема V , занимаемого металлом, в качестве объемного множителя V_i можно воспользоваться для всех фазовых клеток i этим объемом V . Если бы не было запрета Паули, то все электроны расположились бы в первой фазовой клетке, соответствующей минимуму кинетической теории, т. е. неподвижности. Это, однако, столь же невозможно, как сосредоточение всех электронов в сложном атоме в одной лишь самой внутренней группе (кольце). На самом деле в упомянутой „низшей“ фазовой клетке, при абсолютном нуле температуры, мы находим всего лишь два электрона, в следующей еще два и так далее, пока не будут размещены

все электроны. Так как приращение скорости от одной клетки к следующей тем меньше, чем больше объем V ,¹ то максимальная скорость, а следовательно, и средняя величина скорости, должна быть тем больше, чем больше число электронов (клеток) и чем меньше объем V . Расчет показывает, что соответствующая этой средней скорости длина волны по формуле де-Бройля $mv = \frac{h}{\lambda}$ близка к среднему расстоянию между соседними электронами, если их расположить на равных расстояниях друг от друга. В рассматриваемом нами случае эта скорость имеет порядок $10^8 \frac{\text{см}}{\text{сек.}}$, т. е. 1000 км в секунду.

Оба электрона, находящиеся в одной и той же фазовой клетке, должны иметь, по строгому смыслу принципа Паули, противоположные ориентации. Если поместить металл в магнитное поле, то последнее стремится сориентировать все электроны в одном и том же направлении. Подобная ориентация может, однако, иметь место лишь при условии „развода“ отдельных электронных пар, т. е. перехода одного из партнеров (имевшего ранее неблагоприятную ориентацию) к раздельному жильству в ближайшей свободной квартире (клетке) в одном из верхних этажей (где он принимает надлежащую ориентацию). Таким образом намагничение металла, поскольку оно обуславливается ориентацией свободных электронов, связано с частичным увеличением кинетической энергии последних. Степень намагничения, определяемая условием минимума общей энергии (магнитной и кинетической) имеет при абсолютном нуле температуры сравнительно весьма малую величину—тем меньшую, чем больше „степень вырождения“ газа. Расчет показывает, что эта величина, так же, как и средняя кинетическая энергия, очень мало зависит от температуры, пока газ остается вырожденным.

¹ Ибо произведение V на интервал скорости должно равняться определенной величине.

Заметим, что рассматриваемая нами модель металла должна была бы обладать бесконечной электропроводностью, т. е. не оказывала бы никакого сопротивления прохождению электрического тока. Это сопротивление может быть учтено, если принять во внимание то обстоятельство, что на самом деле электроны внутри металла не вполне „уравновешены“, но испытывают силы, неправильным образом изменяющиеся как в пространстве, так и во времени. Эти силы, связанные с тепловым движением атомов металла, вызывают рассеяние электронных волн, или, с корпускулярной точки зрения, резкие изменения в направлении движения электронов—совершенно такие же, как в случае столкновений атомов какого-либо газа между собой. Чем чаще происходят эти отклонения, тем большее сопротивление оказывает металл прохождению электрического тока.

V. Статистика Бозе-Эйнштейна и теория теплового излучения

Почти одновременно с работой Ферми о статистике идеального газа появилась работа Эйнштейна на ту же тему. Не вводя запрета эквивалентности Паули, Эйнштейн получил для стационарного распределения газа формулу (8), являющуюся обобщением знаменитой формулы Планка для распределения энергии в спектре теплового излучения. Согласно формуле Планка средняя энергия осциллятора, способного совершать гармонические (маятникообразные) колебания частоты ν , при температуре T равна

$$\frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

Эта формула была получена Планком в 1900 г. полуэмпирическим путем. Затем уже при ее истолковании Планк предложил рассматривать величину $h\nu$, которая в ней фигурирует, как элементарную порцию энергии, кото-

рую способен иметь осциллятор. Именно таким путем возникла теория квантов. Принимая во внимание, что энергия осциллятора может принимать лишь значения кратные $h\nu = W$, Планк вынужден был допустить, что при взаимодействии осциллятора с излучением, последнее может поглощаться или испускаться только лишь в виде целых порций или квантов $h\nu$.

Несколько позже (в 1905 г.) Эйнштейн предложил трактовать световые кванты Планка, как своего рода частицы, движущиеся прямолинейно и равномерно с энергией $h\nu$ и количеством движения $\frac{h\nu}{\lambda}$, где λ — длина соответствующих им световых волн, — впервые введя в физику корпускулярно-волновой дуализм, приведший в последнее время к созданию волновой механики. В 1912 г. Дебай упростил вывод Планка, предложив рассматривать в качестве Планковских осцилляторов стоячие световые волны в пустом пространстве, замкнутом в оболочке с абсолютно отражающими стенками. Наконец в 1924 г. Бозе вывел формулу Планка столь же непосредственным образом, заменив, однако, представление о световых волнах Эйнштейновским представлением о световых квантах, т. е. рассматривая тепловое излучение не как совокупность световых осцилляторов, а как совокупность световых квантов, или другими словами как квантовый газ. При этом он показал, каким образом должны быть видоизменены принципы классической статистики идеального газа для того, чтобы вместо формулы Больцмана получилась формула Планка, т. е. чтобы среднее число квантов величины $h\nu_i = W_i$ было

бы пропорционально не $e^{-\frac{W_i}{kT}}$, но выражению

$$(15) \quad \frac{1}{e^{\frac{W_i}{kT}} - 1}$$

Наконец в 1925 г. Эйнштейн обобщил вывод Бозе на случай обыкновенного газа, состоящего из конечного

числа частиц, и получил формулу

$$\bar{N}_i = \frac{1}{e^{\frac{W_i - W_0}{kT}} - 1}$$

[ср. (14)], которая при $W_0 = 0$ обращается в формулу Планка. Статистика Бозе-Эйнштейна так же, как и статистика Паули-Ферми, приводит к своеобразным явлениям „вырождения“ газов, т. е. отклонения их от классических законов идеальных газов. Эти отклонения выражаются в том, что при достаточно низких температурах частицы газа начинают постепенно выходить из игры, образуя как бы твердый комок (при отсутствии каких бы то ни было сил сцепления между ними). Если бы концентрированный электронный газ в металлах следовал статистике Бозе-Эйнштейна, то предсказываемые ею явления было бы легко заметить. Для всякого же другого газа — кроме „квантового газа“, т. е. излучения, — вследствие сравнительно малой концентрации, а также большой массы частиц (определяющей размеры фазовых клеток $(\frac{h}{m})^3$, отклонения от классических законов как в случае статистики Бозе-Эйнштейна, так и в случае статистики Паули-Ферми слишком незначительны, чтобы их можно было, по крайней мере при современном состоянии экспериментальной физики, обнаружить на опыте.

Имеются, однако, убедительные основания в пользу предположения, что обыкновенные газы, образованные нейтральными атомами, а не электронами или ионами, следуют именно статистике Бозе-Эйнштейна, а не статистике Паули-Ферми.

VI. Сущность квантовых статистик; статистическая зависимость между одинаковыми частицами

Как уже указывалось в части I, классическая формула распределения Максвелла-Больцмана может быть выве-

дена из рассмотрения столкновений между частицами газа. Сущность вывода заключается в следующем. Примем во внимание столкновения между частицами, находящимися соответственно в состояниях 1 и 2. Число подобных столкновений в единицу времени пропорционально произведению $f_1 f_2$, где f_1 и f_2 — значения плотности распределения для рассматриваемых состояний. В результате каждого из этих столкновений частица, находившаяся в состоянии 1, переходит в некоторое состояние 3, а частица, находившаяся в состоянии 2 — в некоторое состояние 4. Рассмотрим теперь „обратные“ столкновения, при которых две частицы из состояний 3 и 4 переходят соответственно в состояния 1 и 2. Число подобных столкновений в единицу времени пропорционально произведению $f_3 f_4$. Можно показать, что коэффициент пропорциональности имеет в обоих случаях одно и то же значение. При наличии „статистического равновесия“ среднее число частиц в каждом состоянии должно оставаться неизменным во времени и притом таким образом, чтобы противоположно направленные процессы, в данном случае „прямые“ и „обратные“ столкновения, — попарно компенсировали друг друга (так называемый принцип детального равновесия). Это условие выражается равенством

$$f_1 f_2 = f_3 f_4.$$

Но мы знаем, что плотность распределения f должна зависеть только от энергии соответствующего состояния. Таким образом предыдущее равенство может быть переписано в виде

$$(16) \quad f(W_1) f(W_2) = f(W_3) f(W_4).$$

При этом в силу закона сохранения энергии мы имеем равенство

$$(17) \quad W_1 + W_2 = W_3 + W_4.$$

Легко видеть, что это равенство может быть согласовано с условием равновесия (16) в том и только в том

случае, если функция $f(W)$ имеет вид

$$f(W) = C \cdot e^{\alpha W},$$

где C и α — постоянные. Полагая $\alpha = -\frac{1}{kT}$, мы получаем распределение Максвелля-Больцмана (3).

Каким же образом необходимо видоизменить предыдущие рассуждения для того чтобы получить формулы квантовой статистики? Рассмотрим сначала случай статистики Паули-Ферми. Здесь мы можем руководствоваться в качестве путеводной нити принципом Паули. Последний утверждает, что при столкновении между частицами, находящимися в состояниях 1 и 2, переход их в состояния 3 и 4 возможен только в том случае, если элементарные фазовые клетки, которые соответствуют состояниям 3 и 4, до столкновения были свободными. Для простоты мы при этом отвлекаемся от возможности помещения двух частиц (электронов) в одну и ту же клетку; это упрощение является вполне законным, если мы будем рассматривать электроны разной ориентации просто, как различные частицы.

Для большей наглядности вывода мы объединим в понятии „состояния“ совокупность большего числа (g) квантованных состояний в смысле теории Бора, т. е. фазовых клеток. Таким образом „состояния“ 1, 2... содержат $g_1, g_2...$ клеток; среднее число частиц, находящихся в этих „сводных“ состояниях, т. е. в каждой из этих групп клеток, мы обозначим через Q_1, Q_2 и т. д.; введенные нами выше значения N_i равны, очевидно, отношениям $\frac{Q_i}{g_i}$. Число переходов типов (1,2) → (3,4) в единицу времени, согласно предыдущему, должно быть пропорционально не только числу частиц, находящихся до столкновения в состояниях 1 и 2, т. е. произведению $Q_1 Q_2$, но кроме того числу свободных мест, имеющих до столкновения в состояниях 3 и 4, т. е. произведению $(g_3 - Q_3)(g_4 - Q_4)$. Точно так же, число обратных переходов

(3,4) → (1,2) должно быть пропорционально не только произведению $Q_3 Q_4$, но кроме того числу свободных клеток первой и второй группы, т. е. $(g_1 - Q_1)$ и $(g_2 - Q_2)$. Таким образом, условие детального равновесия выразится в этом случае равенством

$$\frac{Q_1 Q_2 (g_3 - Q_3) (g_4 - Q_4)}{= Q_3 Q_4 (g_1 - Q_1) (g_2 - Q_2)}$$

или

$$(18) \frac{Q_1}{g_1 - Q_1} \cdot \frac{Q_2}{g_2 - Q_2} = \frac{Q_3}{g_3 - Q_3} \cdot \frac{Q_4}{g_4 - Q_4}$$

Из этого равенства, в связи с условием сохранения энергии (17), следует, точно так же, как и раньше,

$$\frac{Q_i}{g_i - Q_i} = A e^{\alpha w_i}$$

(A и α — постоянные), или

$$\frac{Q_i}{g_i} = \frac{1}{A} e^{-\alpha w_i} + 1$$

что, в виду $\frac{Q_i}{g_i} = \bar{N}_i$ совпадает с формулой (7) при $\alpha = -\frac{1}{kT}$. Для того,

чтобы аналогичным путем получить формулу (8), выражающую закон распределения Бозе-Эйнштейна, необходимо в предыдущих рассуждениях заменить разности $g_i - Q_i$ суммами $g_i + Q_i$, т. е. условие равновесия (18) заменить следующим

$$(19) \frac{Q_1 Q_2 (g_3 + Q_3) (g_4 + Q_4)}{= Q_3 Q_4 (g_1 + Q_1) (g_2 + Q_2)}$$

Смысл его заключается, очевидно, в том, что вероятность перехода некоторой частицы из данного состояния в какое-либо другое тем больше, чем больше частиц того же рода в этом состоянии уже находится. Мы имеем здесь, следовательно, некоторый новый принцип, диаметрально противоположный Паулиевскому „запрету эквивалентности“, — принцип, который можно было бы назвать „поощрением эквивалентности“. Это „поощрение“ приобретает категорический характер „приказания“ лишь при

абсолютном нуле температуры. В этом случае все экземпляры рассматриваемой частицы должны сосредоточиться в одном и том же состоянии, соответствующем минимуму энергии (напр. состоянию покоя). При более высоких температурах некоторая доля частиц и притом тем большая, чем выше температура, оказывается переброшенной в состояния с большей энергией.

Качественно этот результат не отличается от того, который вытекает из классической статистики. Между ними, однако, существует количественное различие, вытекающее из вышеуказанного принципа „поощрения эквивалентности“, т. е. тяготения частиц к одному и тому же состоянию. Как уже, впрочем, упоминалось выше, в случае обыкновенных газообразных тел это количественное отличие слишком мало, чтобы его можно было установить экспериментальным путем.

Заметим, что формулы распределения как в классической, так и в квантовой статистике, выводятся обычно не из приведенных нами „кинетических“ соображений, относящихся к скорости тех или иных переходных процессов, а из подсчета вероятности различных распределений. Равновесное распределение определяется, следуя Больцману, как наиболее вероятное при заданном числе частиц и заданной общей их энергии. При этом, однако, вероятность данного распределения оказывается необходимым определить по разному, в зависимости от того, имеем ли мы дело с частицами, подчиняющимися классической статистике, статистике Паули-Ферми, или статистике Бозе-Эйнштейна. Так, напр., вероятность нахождения Q частиц в g состояниях (фазовых клетках) какой-нибудь данной группы оказывается пропорциональной следующим выражениям:

- 1) g^Q , т. е. Q раз взятому произведению числа g на самого себя — в случае классической статистики,
- 2) произведению $g(g-1)\dots(g-Q+1)$, т. е. Q множителей, начинающихся

с g и убывающих последовательно на 1, в случае статистики Паули-Ферми и

3) произведению $g(g+1)\dots(g+Q-1)$ — в случае статистики Бозе-Эйнштейна.

Первое из этих выражений получается, исходя из обычного представления о том, что разные частицы одного и того же сорта, так же, как частицы разного сорта, — поскольку они не оказывают друг на друга никаких сил взаимодействия, — как бы совершенно не считаются друг с другом в смысле выбора своего состояния. При распределении частиц по g клеткам мы получаем таким образом для каждой частицы g возможностей, для двух частиц — $g \cdot g = g^2$ возможностей, для Q частиц — g^Q возможностей, причем все эти возможности представляются равно вероятными.

В случае квантовых статистик одинаковые частицы, даже не действуя друг на друга механически, все же оказываются в своеобразной статистической связи друг с другом, влияя друг на друга в смысле своего распределения по состояниям. Так, напр., в случае статистики Паули-Ферми при распределении одинаковых частиц по клеткам мы имеем g возможностей лишь для первой частицы, $g-1$ возможностей для второй (поскольку она не может попасть в клетку, уже занятую первой) и т. д.; для Q -ой частицы получается $g-(Q-1)$ возможностей, а для всех Q частиц $g(g-1)\dots(g-Q+1)$ возможностей.

Наконец, в случае статистики Бозе-Эйнштейна взаимное статистическое воздействие одинаковых частиц выражается в еще более парадоксальной форме. А именно при размещении Q частиц между g клетками мы получаем g возможностей для первой частицы, $g+1$ для второй, $g+2$ для третьей и т. д., таким образом выходит, что каждая частица занимает как бы „отрицательное“ место, увеличивая на единицу емкость соответствующей клетки для других частиц

того же рода. Это толкование, при котором статистика Бозе-Эйнштейна характеризуется увеличением, а статистика Паули-Ферми — уменьшением емкости каждой фазовой клетки (стационарного состояния) на единицу, принадлежит Д. Бриллюэну.

VII. Общая волново-механическая теория квантовой статистики (Дирак)

Изложенные выше соображения, помимо своей парадоксальности, отличаются еще значительной неполнотой и вызывают ряд сомнений.

Во-первых, не ясно, в каких случаях, т. е. по отношению к каким частицам (помимо электронов) нужно применять статистику Паули-Ферми и к каким (помимо световых квантов) — статистику Бозе-Эйнштейна.

Во-вторых, непонятно, почему своеобразная статистическая связь между частицами имеет место лишь в случае тождественных частиц, совершенно исчезая в случае частиц разного рода.

И наконец, в-третьих, представляется сомнительной возможность примирения этой статистической связи (которую можно рассматривать как нечто вроде взаимного отталкивания или взаимного притяжения — но не в геометрическом, а в фазовом пространстве) с законами механики: в самом деле, если допустить, что в некоторый начальный момент времени распределение частиц в фазовом пространстве удовлетворяет принципу „запрещения“ или „поощрения“ эквивалентности, то будет ли оно ему удовлетворять во все последующие (или предыдущие) времена, в предположении, что каждая частица движется независимо от других, под действием данных внешних сил, согласно основным законам механики?

Всего легче ответить на последний вопрос.

Согласно основной теореме классической статистической механики, так

называемой теореме Лиувилля, фазовый объем, занимаемый некоторым количеством экземпляров какой-либо частицы, остается неизменным при движении этих экземпляров в любом силовом поле. Отсюда легко вывести, что при соблюдении условий одного из вариантов квантовой статистики в какой-нибудь момент времени, эти условия — в силу самих законов механики — должны оставаться соблюденными во все времена.

Что касается второго вопроса, то в рамках классической механики он не находит себе ответа. Последний, однако, легко получается, если стать на точку зрения волновой механики — в той элементарной форме, которая была набросана нами выше и где совокупность одинаковых невзаимодействующих частиц, находящихся в одном и том же квантовом состоянии, может быть изображена определенной системой стоячих де-Бройлевских волн с надлежаще выбранной амплитудой. Ясно, что для неодинаковых частиц подобное „волновое изображение“ невозможно.

Однако, для решения первого вопроса эти элементарные представления оказываются также недостаточными. Искомое решение может быть получено, если мы перейдем от них к несколько более сложным, но зато и более общим представлениям волновой механики, позволяющим трактовать любую систему частиц как одинаковых, так и различных, с учетом их взаимодействия. Сущность этих представлений сводится к следующему. Данная система, состоящая, скажем, из N частиц, рассматривается прежде всего как одна частица (материальная точка) в протяженности $3N$ измерений, образуемой совокупностью координат всех N частиц, т. е. величинами

$$x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2; \dots; x_N, y_N, z_N.$$

Заметим, что этим приемом пользуется и классическая механика. Однако, волновая механика не останавливается на этом и вводит далее для характеристики поведения (движе-

ния) рассматриваемой сборной „частицы“ некоторый волновой (колебательный) процесс, происходящий в том же $3N$ -мерном „конфигурационном пространстве“. При этом квадрат амплитуды колебаний в каждой „точке“ интерпретируется как вероятность соответствующей конфигурации.

Подобное „волновое“ описание оканчивается пригодным как в случае различных, так в случае одинаковых частиц. В последнем случае, однако, представляется естественным выдвинуть добавочное требование, которое выражало бы факт тождественности, неразличимости рассматриваемых частиц — отбросив, как не имеющие физического смысла, все те решения волново-механической задачи, которые этому требованию не удовлетворяют.

Амплитуда колебаний должна очевидно представлять собой некоторую функцию координат всех рассматриваемых частиц и времени. Мы запишем ее для краткости в виде $\psi(1, 2, \dots)$, где цифры 1, 2... заменяют тройки координат $x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2$, и т. д.

Принцип тождественности частиц может быть выражен математически тем обстоятельством, что квадрат этой функции, определяющий вероятность соответствующей (т. е. характеризуемой соответствующими значениями координат) конфигурации, не должен меняться при различных перестановках частиц между собой. Другими словами, вероятность $[\psi(1, 2, \dots, N)]^2$ должна быть симметрической функцией переменных 1, 2, ...

Эта симметрия может иметь место только в двух случаях — а именно если сама амплитуда $\psi(1, 2, \dots, N)$ представляет собой также симметричную функцию координат, либо же, наоборот, функцию антисимметричную, т. е. такую, которая при перестановке любых двух переменных (частиц) меняет свой знак на противоположный. Легко показать, что волновое уравнение (Шредингера),

определяющее функцию ψ , всегда имеет подобные решения. Переходя к частному случаю совокупности N одинаковых частиц, не действующих друг на друга, не трудно убедиться, что антисимметрические функции (амплитуды) соответствуют „запрещению“, а симметричные, наоборот — „поощрению“ эквивалентности в указанном выше смысле, т. е. принципам, которые лежат в основе статистики Паули-Ферми, с одной стороны, и Бозе-Эйнштейна с другой.

В самом деле, напр., если две каких-нибудь частицы, скажем 1-я и 2-я, находятся в одном и том же квантовом состоянии, то функция ψ очевидно не должна изменяться от их перестановки. В случае симметричности ψ это требование выполняется автоматически. В случае же антисимметричности, оно приводит к равенству $+\psi = -\psi$, т. е. $\psi = 0$. А это равенство означает, что при условии нахождения двух частиц в одном и том же состоянии вероятность любой конфигурации рассматриваемой системы равна нулю, т. е. другими словами, что нахождение двух частиц в одном и том же состоянии невозможно.

Приведенная уточненная формулировка „запрета“ Паули была дана Дираком. Дирак же дал весьма простое доказательство того факта, что антисимметричные функции (амплитуды) ψ приводят к статистике Паули-Ферми, а симметричные — к статистике Бозе-Эйнштейна.

При этом предполагается, что вероятность того или иного состояния (симметрического или антисимметрического) всей системы частиц при данной температуре T выражается через ее полную энергию E обычной („классической“) формулой Максвелля-Больцмана, т. е., что она пропорциональна выражению $e^{-\frac{E}{kT}}$. Это предположение может быть впрочем, легко доказано путем рассмотрения слабого взаимодействия данной системы с какой-нибудь другой, на

основании условия статистического равновесия.

VIII. Статистика сложных частиц и новая теория электронов и протонов

Данное Дираком оформление квантовой статистики решает совершенно строгим образом не только третий и второй из поставленных в начале предыдущей части вопросов, но дает также весьма простое решение первого вопроса.

Представим себе, что рассматриваемые частицы имеют сложное строение, т. е. состоят из нескольких электронов и протонов. А именно оказывается, что если общее число тех и других нечетное, то наши частицы подчиняются статистике Паули-Ферми; если же оно четно — то статистике Бозе-Эйнштейна. При этом предполагается, что электроны, а также и протоны в отдельности подчиняются принципу Паули, т. е., что их поведение описывается антисимметрическими волновыми функциями.

В самом деле, переставляя две сложные частицы, мы тем самым переставляем сразу все электроны и протоны их образующие; при перестановке каждой пары электронов или протонов волновая функция должна изменять свой знак. Если, следовательно, число этих пар нечетное, то в результате перестановок получится перемена знака; в противном случае, последний остается неизменным.

Таким образом, напр., атомы водорода и вообще нейтральные атомы и молекулы, поскольку дело касается их поступательного движения, должны подчиняться статистике Бозе-Эйнштейна. Так как световые кванты являются нейтральными частицами, то представляется естественным распространить эту статистику и на них. Следует заметить, что сложные частицы, независимо от своего поступательного движения, могут нахо-

даться в ряде различных внутренних квантовых состояний, соответствующих различной внутренней энергии той системы элементарных частиц (электронов и протонов), которую они собой представляют.

При этом каждая сложная частица, под влиянием взаимодействия с другими частицами или с излучением (т. е. с световыми квантами) может переходить из одного внутреннего квантового состояния в другие. Легко показать, что в состоянии статистического равновесия распределение сложных частиц по различным внутренним состояниям определяется классической формулой Больцмана, т. е., что среднее число частиц данного сорта, находящихся в i -ом внутреннем состоянии с энергией W_i ,

пропорционально выражению $e^{-\frac{W_i}{kT}}$

При этом взаимодействие между разными частицами должно быть настолько слабым, чтобы оно не отражалось существенным образом на внутренних состояниях. Поскольку (среднее) число частиц данного сорта в различных внутренних состояниях остается неизменным, распределение их по различным состояниям поступательного движения для различных внутренних состояний происходит совершенно так же, как если бы последним соответствовали частицы разного сорта.

Последнее соображение относится до некоторой степени и к элементарным частицам — электронам и протонам, — поскольку они могут иметь две различные (противоположные) ориентации. Возможность этих двух ориентаций учитывается проще всего путем прибавления к трем координатам электрона (или протона) четвертой „координаты“, способной принимать лишь два значения. При формулировке условия антисимметричности волновой функции (амплитуды колебаний) $\psi(1, 2, \dots, N)$, мы должны при этом под символами 1, 2 и т. д. подразумевать не тройки, но четверки координат.

Остается нерешенным последний вопрос: почему электроны и протоны характеризуются антисимметрическими (а не симметрическими) функциями, т. е. подчиняются принципу запрещения (а не поощрения) эквивалентности?

На этот вопрос покамест не существует вполне ясного и убедительного ответа, так как он может быть решен лишь совместно с общим вопросом о том, почему материя состоит из электронов и протонов.

В своей последней работе Дирак дал чрезвычайно интересную попытку решения этих вопросов, основывающуюся на предположении, что масса, а, следовательно, и энергия электронов может принимать не только положительные, но и численно им равные отрицательные значения. Следует, впрочем, заметить, что этот результат непосредственно вытекает из основного уравнения волновой механики электронов, установленного самим же Дираком. Если бы электроны следовали статистике Бозе-Эйнштейна, т. е. если бы поведение их описывалось симметрическими функциями, то все они перешли бы в состояние отрицательной энергии или связанной с ней отрицательной массы. Подчиняясь же статистике Паули-Ферми, они более или менее плотно заполняют все клетки отрицательной энергии (массы); при этом сравнительно очень малая часть их попадает в клетки с положительной энергией, образуя обычно наблюдаемые нами электроны, и оставляя в почти непрерывном множестве электронов с отрицательной энергией (массой) равное число „дырок“, которые наблюдаются нами в виде протонов (между тем как электроны с отрицательной энергией непосредственно не наблюдаются).

Переход электрона из обычного положительного состояния в отрицательное должен восприниматься нами как взаимное уничтожение электрона и протона, как превращение их в энергию (в форме двух световых квантов).

Эта замечательная по своей глубине и остроумию теория, сводящая с помощью „запрета эквивалентности“, как фундаментального принципа, дуалистическую концепцию материи к монистической, покамест наталки-

вается на ряд весьма существенных затруднений. Мне думается, однако, что дальнейшее развитие волновой механики позволит эти затруднения устранить.

Открытие изотопов кислорода, углерода и азота

Н. В. Белов

Нельзя не признать, что из обильного множества новых фактов и идей, за последние три десятка лет оплодотворивших и продолжающих оплодотворять химическую науку, наиболее поразившим именно химическое сознание было учение об изотопии. В самом деле, как ни блестяща, ни обильна идеями, выводами и несомненнейшими практическими результатами атомная теория Резерфорда-Бора со всеми последовавшими ее трансмутациями вплоть до современной квантовой теории химического сродства, все же теория Резерфорда-Бора в конечном счете есть только то, что в том или ином виде должно было прийти и что ожидалось с того времени, как был провозглашен периодический закон. Менее обильные следствиями и тем более практическими результатами учение об изотопах поразило зато самую психологическую сущность химического мирозерцания.

Зародившись в учении о радиоактивности, новая теория трудами Дж. Дж. Томсона и в особенности Ф. В. Астона скоро была распространена и на наши обычные элементы, ¹ с наиболее заме-

чательным результатом в виде возрожденной — но уже в совершенно конкретной форме — столь близко говорящей сердцу целочисленной теории Прута. Далее началось количественное применение нового учения. Масс-

ком первого является радиевая эманация, второго же — резко отличающаяся ториевая) и атомном весе 230 против 232. В течение нескольких последовавших лет стало ясным, что и многочисленные эфемерные продукты радиоактивного распада разбиваются на группы также с совершенно аналогичными свойствами. К 1912 г. это, наконец, было сформулировано в закон смещения (Фаянс-Содди), а в 1913 г. Содди было дано новым явлениям название изотопии, причем категорически подчеркнута невозможность разделения изотопов химически и даже спектроскопически (при помощи обычных линейных спектров), но, главное, смело было предсказано, что в урановом и ториевом свинцах, элементах уже нерадиоактивных, однако, тоже должно в полной мере выявиться характеризующее изотопию различие в атомных весах, именно: атомный вес первого должен быть 206, а второго 208. В смутные годы великой войны это предсказание было блестящим образом подтверждено наиболее признанными авторитетами в области прецизионных атомных весов — Ричардсом в Америке и Генигшидтом в Германии. Параллельно шли работы Дж. Дж. Томсона с каналовыми лучами: его первоначальный „метод парабол“ совершенствовался все более, и, наконец в 1912 г. привел к открытию изотопа неона. Газеты оповестили об этом весь мир, но автор настоящих строк живо помнит недоумение свое и товарищей студентов по поводу этой краткой телеграммы: в тогдашнем химическом сознании новым истинам просто не было места. Начавшаяся великая война скоро, однако ж, оставила эти вопросы уделом лишь избранных; восстановление же нормальных научных связей в 1921 г. поставило нас уже лицом к лицу с новой теорией, закристаллизованной в астоновских масс-спектрограммах.

¹ Даты: в 1906 г. Болтвудом в урановой руде был открыт новый радиоактивный элемент ионий, весьма устойчивый — его „продолжительность жизни“, а, значит, и частота нахождения в 60 раз больше, чем у радия, — следовательно, ионий, действительно, элемент весомый и взвешиваемый. Химические же свойства нового элемента оказались во всем тождественны свойствам тория, при несомненном различии в радиоактивности (активность иония в 100 000 раз превышает таковую тория; постоянным спутни-

спектрограф Астона в последующих стадиях своего совершенствования подошел к точности в $\frac{1}{10000}$. Это, с одной стороны, из наблюдаемых отклонений от строгой целочисленности — отклонений уже 2-го порядка, т. е. в 3-м и 4-м знаках после запятой — привело к теории „улаковочного эффекта“ с замечательными теоретическими выводами в вопросах об устойчивости атомов, о запасах внутренней их энергии, и, наконец, о границе периодической системы. С другой стороны, эти новые результаты физика неожиданно очутились посреди святой святой химика — его таблицы точных атомных весов. Именно точность астоновских методов оказалась уже равной точности определения атомных весов наиболее прецизионными из химических методов. Теоретическая же простота и „наглядность“ нового метода делала это последнее использование его особенно привлекательным, так что английская комиссия атомных весов при составлении таблицы на 1929 г. для 9-ти „простых“ (не имеющих изотопов) элементов: H, He, C, N, F, Na, P, As, I¹ — решила принять именно эти астоновские значения атомных весов. Это, однако, имело результатом значительное — с теоретической точки зрения — расхождение английской таблицы с двумя другими наиболее авторитетными таблицами — немецкою и американскою. Если теперь принять во внимание, что все эти замечательные данные представляют результат одной единственной лаборатории, более того, единичной установки (кроме имен Томсона и Астона еще можно назвать только Демпстера в Чикаго), то станет понятно чрезвычайная желательность еще одного метода такого же количественного подхода к явлениям изотопии хотя бы в целях контроля приобретенных таким фундамен-

тальное значение количественных ее результатов. Конечно, это не могут быть такие скрупулезные и поглощающие чудовищные количества времени попытки, как опыты разделения изотопов например ртути тысячекратно перегонкою или упариванием,¹ о чем неоднократно сообщалось в журналах, но что в конечном счете является своеобразным, хотя и чрезвычайно импонирующим рекордсменством. Нужен был метод, который подобно томсон-астоновскому сразу вводил бы нас *in medias res*. И такой способ, действительно, оказался воплощенным в спектроскопии молекул, новой отрасли физико-химии, с 1926 г. захватывающей область атомной физики все шире и шире (об основах этого метода см. „Природу“, 1929, № 10). В 1928 и 1929 гг. в Германии, Америке и СССР состоялись многолюдные и еще более многотемные так называемые узкие конференции — совещания специально по вопросам спектроскопии молекул, а в сентябре 1929 г. англо-американским фарадеевским (физико-химическим) обществом была собрана в Бристоле международная конференция специально по одному этому вопросу (см. Успехи физич. наук, 1930, № 1).

Попытка использовать в целях определения веса отдельных атомов атомные спектры была сделана вслед за первоначальным открытием Бора. Оказалось, однако, что ввиду зависимости соответствующего эффекта от отношения масс — электрон: ядро, — атомный спектр дает результат лишь для случая трех самых легких элемен-

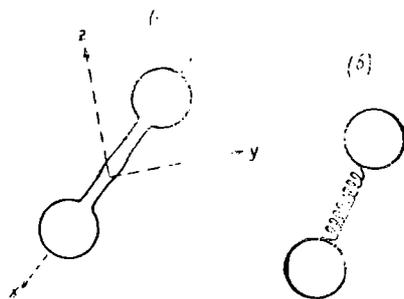
¹ Наиболее замечательными из таких опытов была, во-первых, разгонка неона при помощи диффузии сквозь пористую („трубочную“) глину, причем в результате удалось получить различие в атомных весах двух фракций в 0.1. Эта разгонка, непосредственно последовавшая за выше отмеченным открытием изотопа неона, в свое время имела, конечно, колоссальное значение и вызвала обширную полемику в процессе убеждения сомневавшихся. Вскоре Гаркнису из Чикаго точно таким путем после прогонки 19000 литров хлора удалось добиться разности атомных весов фракций в 0.055.

¹ Кислород O не вошел сюда, поскольку его атомный вес фиксируется в порядке определения.

тов, но водород и гелий изотопов не имеют, и лишь у лития таким образом были определены изотопы 6 и 7, но наблюдаемый эффект достигал лишь $\frac{1}{42}$ водородного эффекта. У высших атомов эффект становится исчезающе мал, не говоря уж о затруднениях от замены простой системы двух тел (водород и с некоторой натяжкой литий), многоэлектронными постройками более сложных атомов.

Все эти недостатки отсутствуют в молекулярных спектрах, где в большинстве случаев мы можем ограничиться двухатомными молекулами и пренебрегши массами электронов, оставаться в пределах задачи двух тел — двух ядер с примерно одинакового порядка массами. Как читатель должен вспомнить, существенным отличием молекулярных спектров от атомных будет то, что, во-первых, борковский перескок электрона с одного уровня на другой рождает не отдельную линию, а целую полосу, которая в детальном рассмотрении распадается на ряд вторичных полос, и уж эти последние состоят из ряда тонких линий. Усложнение это есть следствие двух новых эффектов, появляющихся в результате соединения свободных атомов в молекулу: 1) ротации — вращения молекулы как целого вокруг двух осей, перпендикулярных к оси гимнастической гири (Hanteln, dumbbells), в виде которой мы представляем себе двухъядерную молекулу (фиг. 1а); 2) осцилляции — колебаний молекулы в направлении самой оси этой гири, если представить себе эту ось в виде пружины от пружинных весов (фиг. 1б). И вот эти-то два добавочные молекулярные осложнения спектров и оказались чрезвычайно чувствительны в отношении изотопов. Теория этого изотопического эффекта очень проста. Отсылая читателя к указанному номеру „Природы“, напомним, что если расположить в систему не самые спектральные линии, а термы, мы получим закономерный ряд линий, расстояние между которыми равно

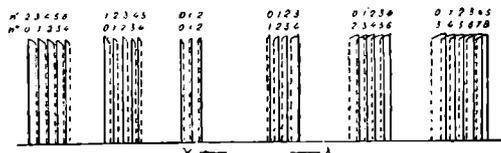
как-раз одному кванту энергии. Рассмотрим наиболее простой случай двух молекул хлора, но составленных различными изотопами: $(\text{Cl}^{35})_2$ и $\text{Cl}^{35}\text{Cl}^{37}$. Спрашивается, в каком случае расстояние между двумя ядрами будет больше? Фундаментальное положение изотопии и говорит, что в обоих случаях это расстояние будет одинаково, потому что оно, подобно всем химическим свойствам, определяется исключительно внешней электронной атмо-



Фиг. 1. Гиревая модель двухатомной молекулы: а — для ротационных движений, б — для колебательных движений.

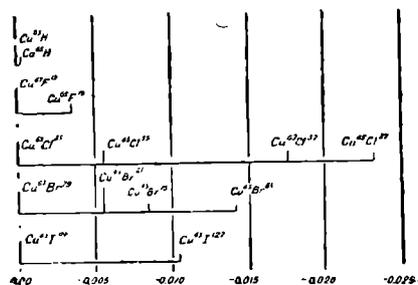
сферой атомов, а последняя у обоих изотопов тождественна. Но если так, то должны быть неодинаковы моменты инерции этих двух молекул, ибо на равных расстояниях в одном случае вращаются более тяжелые частицы, чем в другом. А так как энергия, а, следовательно, и кванты определяются именно моментами инерции [ротационный, например, квант равен $\frac{h^2}{8\pi^2 I} (m^2 - m'^2)$, где $m' = m \pm 1$ есть порядковый номер соответственного терма], то мы будем иметь и соответственно различные кванты, и соответственно изменятся и расстояния между линиями термов в двух случаях. Иными словами, линии спектра дублируются, причем нетрудно показать, что расстояние дублетов — обычно более слабых — от основных линий увеличивается все более по мере удаления в обе стороны от нульвых линий — „окоп“ — соответственных спектраль-

ных полос: получается картина фиг. 2, где пунктиром изображены более слабые дублеты. Очень несложные формулы позволяют легко вычислить эти расстояния в функции от весов составляющих молекулу атомов, и, наоборот, из наблюдаемой спектральной



Фиг. 2. Изотопическое расщепление полосатого спектра.

разности хода дублетов вычислить атомный вес партнера данного атома в двух различных случаях (например, $\text{Cl}^{35}\text{Cl}^{35}$ и $\text{Cl}^{35}\text{Cl}^{37}$). Из выше приведенной формулы явствует, что наибольшие кванты, а следовательно и наибольшие разности хода дадут легчайшие элементы (момент инерции I в знаменателе формулы), и, наоборот, вследствие отсутствия наблюдаемых разностей хода еще раз подтверждается невозможность изотопов ни у водорода, ни у гелия. Но это только для случая молекул простых тел H_2 , O_2 , I_2 . Наоборот, в случае неоднородных двухатомных молекул наибольшая



Фиг. 3. Изотопические эффекты у галоидных солей меди.

разность хода и, следовательно, наилучшее разделение изотопов данного элемента требует наиболее тяжелых партнеров, и как раз водородистые соединения (наиболее обычные в спек-

трах) непригодны. Подходят кислородные и азотистые соединения, но наилучше отвечают задаче галоидные соединения и в особенности соединения иода, как элемента во-первых наиболее тяжелого из галоидов, но, главное, не обладающего изотопами. Фиг. 3 рисует эту картину наблюдаемых в действительности изотопических эффектов у меди (63,65) с четырьмя галоидами: F(19), Cl(35,37), Br (79,81) и I(127); для сравнения приведены и водородистые соединения обоих изотопов меди. Все эффекты даны в долях ангстрема.

Таким именно путем на протяжении 2—2 лет быстро были пройдены почти все элементы и подтверждены прежние, ставшие прецизионными результаты Астона, но далее, в результате применения этого второго метода, получились новые данные, обогнавшие астовские. Мы говорим об открытии двух изотопов кислорода, элемента, до последнего времени считавшегося „простым“. Это открытие, сделанное американцами Джоки и Джонстоном (1929), имеет довольно любопытную историю. Дело в том, что помимо ранее трактованных расшифровок молекулярных спектров в целях вычисления теплот образования химических соединений, далее для определения весов отдельных изотопов, их моментов инерции и пр., эти же молекулярные спектры еще позволяют подойти к вычислению основных констант новейшей термодинамики: абсолютных значений энтропии и химических констант Нерста. Эти детища третьего закона термодинамики, как должно быть известно изучавшему термодинамику с 1910 г., позволяют, например, зная эти величины для элементов H , C , N , O по одному тепловому эффекту вычислять равновесные условия всех образованных этими элементами соединений. Наибольшие затруднения, однако, доставляет вычисление этих констант для кислорода, и указанные американцы в этих целях и обратились к молекулярному спектру кислорода. Последний же как-раз

только что был детально расшифрован одним из самых крупных деятелей в области молекулярной спектроскопии американцем Р. С. Мулликеном (не смешивать с еще более крупным американским физиком — нобелевским лауреатом Р. А. Милликеном), именно в области фраунгоферовой линии А. Эта давно известная физикам линия весьма долго пользовалась у них, однако, чрезвычайно малой популярностью как совершенно не похожая на типичные резкие линии С (водород), D (натрий, гелий), G (кальций), и о ней нередко лишь делалось замечание, что она представляет атмосферную полосу поглощения, вероятно, кислорода. Мулликен впервые точно расшифровал эту полосу по известной трехэтажной схеме и показал, что каждая наблюдаемая деталь ее находит себе точное место в теоретической схеме для $(O^{16})_2$ за малым исключением, именно: в схему не уложился целый ряд слабых тонких линий, в совокупности своей образовавший упорядоченный комплекс, вполне аналогичный полосе А и обозначенный А'. Для вычисления абсолютного значения энтропии, претендующего на сугубую точность, этой даже малой неясности не должно быть, и Джиоки и Джонстон занялись тщательной вычислительной расшифровкой комплекса А', которая вскоре позволила им отождествить этот комплекс со спектром молекулы $O^{16}O^{18}$. Блестящее подтверждение этого вывода не заставило себя ждать. Со знаменитой калифорнийской обсерватории на горе Вильсон авторам были присланы полученные в исключительно благоприятных условиях этой обсерватории снимки новых линий кислорода, ранее неопубликованных из-за неполной уверенности в том, что они принадлежат именно кислороду. Из 34 вновь присланных линий 27 сразу же были отождествлены с линиями молекулы $O^{16}O^{18}$. Определение относительных количеств изотопов из сравнения интенсивностей линий привело к цифрам $O^{18} : O^{16} = 1:1250$. В данном случае таким образом не может

даже быть и речи о большей чувствительности нового метода против астоновского. Но дело в том, что O^{18} имеет атомный вес, равный как-раз частичному весу воды ($H_2O=18$), а избавиться от следов последней в кислороде (как и вообще от водородистых соединений в случае других элементов) невозможно, а потому соответственные отметки на спектрограммах Астона если и присутствовали, то маскировались отметками частиц H_2O . Далее с горы Вильсон поступил еще ряд снимков линий из „атмосферных“ полос. Замечательною чертою этих линий было промежуточное их положение между ранее определенными, и у авторов снимков был большой соблазн — в связи с поразительным успехом работавшего в той же обсерватории Боуэна — отождествить их также с некоторыми „запрещенными“ линиями молекул $(O^{16})_2$ и $(O^{16}O^{18})$. Более подробный анализ, однако, и здесь скоро привел к столь же определенному выводу, что эти линии с несомненною принадлежат молекуле $O^{16}O^{17}$, и таким образом был открыт третий изотоп кислорода, который опять-таки в масс-спектрограммах Астона маскируется гидроксидом ($OH=17$), частицею спектроскопически еще более простою чем H_2O . Количества этого третьего изотопа оказались очень малыми, именно $O^{17} : O^{16} = 1:10\,000$.¹ Простые статистические соображения показывают, что еще три возможных молекулярных комбинации $(O^{17})_2$, $(O^{18})_2$ и $O^{17}O^{18}$ встречаются в столь исче-

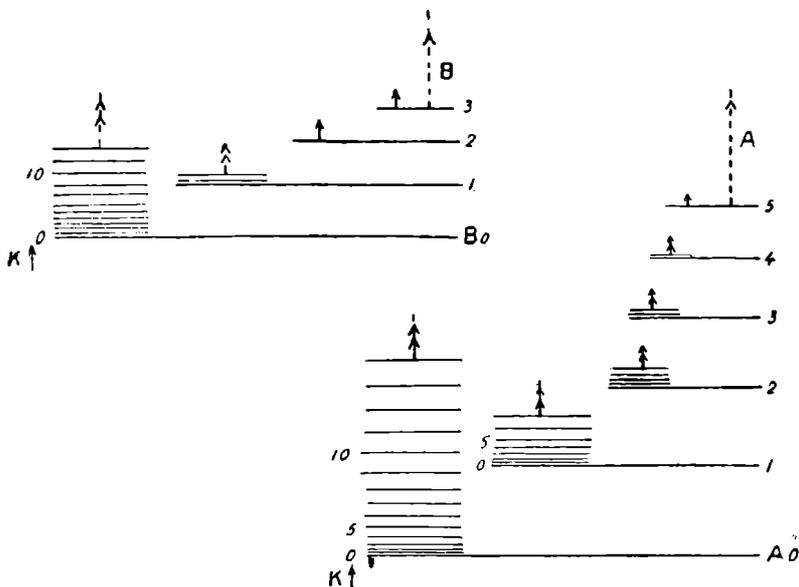
¹ Несмотря на эти исключительно малые количества, оказалось все же, что как-раз изотоп O^{17} был известен физикам-радиологам и раньше. Именно при повторении (1925) знаменитых опытов Резерфорда над вышибанием из азота свободных ядер водорода помощью бомбардировки α -частицами, выяснилось, что в значительном числе случаев ход явления таков: ударяющая в ядро азота α -частица сперва сливается с ним, образуя, очевидно (закон смещения), изотоп фтора 18, этот же последний оказывается совершенно неустойчивым и, выбросив один протон, превращается в кислород O^{17} , жизнь которого удавалось проследить в течение радиологически весьма значительного промежутка времени в 0.001 секунды.

зающе малых количествах, что не могут быть прочтены ни в оптической ни массовой спектрограмме.

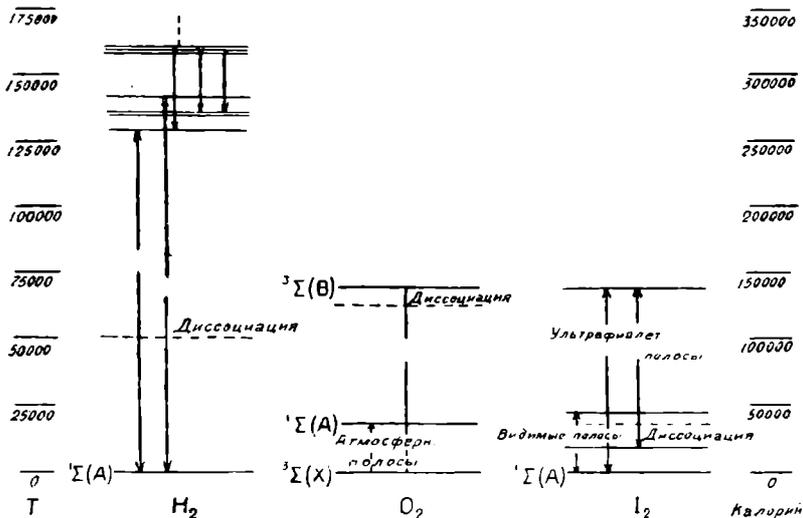
Мы видим, таким образом, сколь важно иметь второй аспект в самых

были видны и раньше, но в силу косности мышления не могли быть рассмотрены в правильном освещении.

Конечно, не следует думать, что новый способ определения изотопов



Фиг. 4. Общая схема энергетических уровней (термов) двухатомной молекулы.



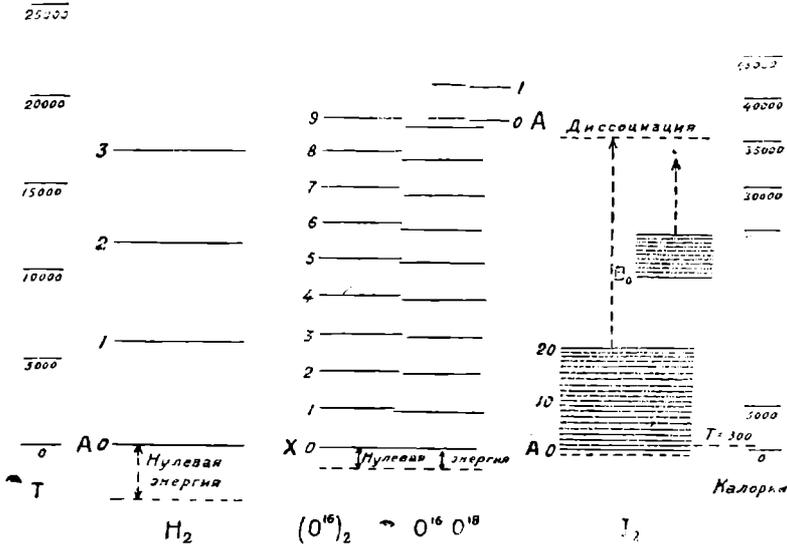
Фиг. 5. Главные электронные уровни и энергии диссоциации (пунктирные линии) молекул H_2 , O_2 и I_2 .

простых явлениях, и не только в целях контроля, но и для обнаружения наиболее простых вещей, которые

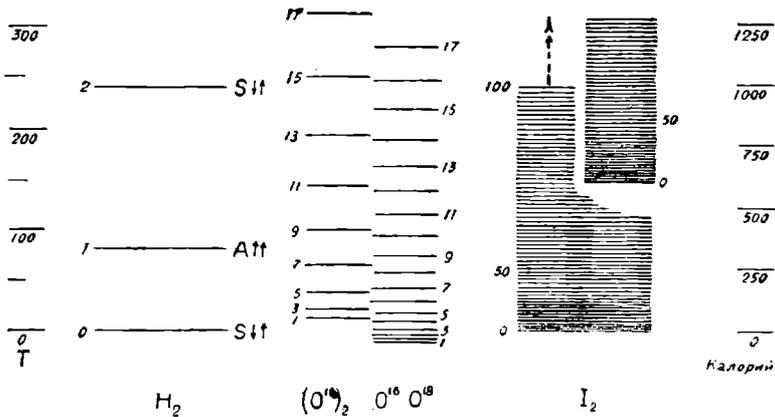
является своеобразным конкурентом астоновского масс-спектрографа. Несомненно, он проще прежнего в смысле

доступности для большего числа лабораторий; часто, как в нашем случае кислорода, позволяет более четко различить изотопы, но зато при всей своей конструктивной сложности масс-спектрограф дает непосредственно

т. е. по данному изотопу, например, 16 может выявить еще изотоп того же элемента 17 и 18, но сам по себе дать величину 16 не может, и для этого первичного определения всегда приходится обратиться к астоновскому



Фиг. 6. Нижние колебательные уровни (термы) молекул H_2 , O_2 и I_2 .



Фиг. 7. Нижние ротационные уровни (термы) молекул H_2 , O_2 и I_2 .

прочитывающиеся результаты, получение же их из молекулярных спектров есть результат лишь крайне кропотливых расшифровок наблюдаемых спектров. Но главное, что делает второй способ лишь дополнением к первому, это то, что он всегда дает лишь „разность хода“ двух изотопов,

аппарату, который сразу же дает абсолютные, а не относительные цифры. Далее мы помещаем приведенные к описываемому открытию кислородные спектры вместе с некоторыми другими, и при этом даем их в уже упорядоченном, т. е. распределенном по термам виде, во-первых, потому, что

как отмечалось, такие молекулярные спектры и выводы из них составляют одну из наиболее животрепещущих проблем современного опытного исследования, во-вторых, ради нескольких интереснейших заключений для молекулярной физики и термодинамики, которые исключительно просто и изящно выводятся из этого небольшого числа схем.

Фиг. 4 повторяет в несколько измененном внешнем виде многоэтажную, со многими же ярусами внутри этажей и полками внутри ярусов общую схему молекулярных уровней (термов) уже один раз изображенную на страницах „Природы“. Основное деление по этажам (фиг. 4, А и В) обусловлено отвечающим максимальным квантам электронным перескоком. Внутри электронных этажей, а иногда и выходя за их пределы, расположились ярусы, отображающие кванты колебательных движений ядер относительно друг друга (в нашей модели колебания пружины, соединяющей два ядра), это будут уровни пронумерованные цифрами справа 0, 1, 2 и т. д., и, наконец, каждый ярус еще снабжен рядом полков, отмечающих ротационные кванты, — арабские цифры слева. Следующие три фигуры изображают три конкретных случая таких молекулярных спектров: H_2 , O_2 , I_2 . Первая из них (фиг. 5) дает электронные уровни этих трех молекул и выясняет между прочим, что такое фраунгоферова линия А („атмосферные полосы“ солнечного спектра). На языке современной спектроскопии это будет полоса, т. е. совокупность ярусов и полков, отвечающих первому (между уровнями А и В) электронному этажу (1,6 вольт = 37 000 калорий = 7600Å).

Но как указано, наиболее важными для разъяснения как явлений изотопии, так и вообще деталей молекулярного строения, являются ярусное и полочное строение этажей, которые и приводятся для тех же трех молекул на фиг. 6 и 7. Первая дает колебательный спектр молекулы O_2 (и также H_2 и I_2). Вторая же дает ротационный

спектр (также в „приведенном“ к термам виде) для тех же молекул. Обе спектральные картины играют важную, но разнородную роль в изучении соответственных излучателей. Разница эта обусловлена колоссальным различием (ср. фиг. 4) в масштабе обеих картин, именно — более бедный линиями колебательный спектр, зато хорошо различим уже в несильные спектрометры; главное же, что хотя осцилляционная (колебательная) разность хода изотопических дублетов и вдвое меньше соответственной разности хода у ротационных дублетов, зато, при растянутости колебательного спектра на 1000 ангстремов и более, она успевает постепенно нарасти до 5—6-кратной величины против разности хода ротационных линий, редко когда простирающихся более чем на 80—90 ангстремов. В результате открытие изотопа обычно делается на основании именно колебательного спектра, как то имело место и для O^{18} : комплекс А' оказался столь маловыразительным набором колебательных линий молекулы $\text{O}^{16}\text{O}^{18}$ (справа). Наоборот, ротационный спектр крайне мелок и доступен лишь мощным спектрометрам, но зато он дает чрезвычайное богатство деталей и служит как для фиксирования результатов, так и для важнейших новых выводов, как это будет изложено ниже. Именно эту ротационную схему заполнила расшифровка большинства маунтвильсоновских линий, и как видим, правая половина ротационного спектра O_2 особенно оказывается богата. Более того, ротационные спектры $(\text{O}^{16})_2$ и $\text{O}^{16}\text{O}^{18}$ оказываются столь различны, что становятся понятными как боязнь наблюдателей опубликовать свои результаты, так и соблазн счесть их за „запрещенные“ линии. Прежде всего, как видим из схемы, число ротационных линий у $\text{O}^{16}\text{O}^{18}$ оказывается вдвое большим, чем у основного спектра $(\text{O}^{16})_2$. Здесь мы встретились с тем, что давно уже подметили спектроскописты, а именно, что часто в рота-

ционных спектрах каждая вторая линия, например, все четные, значительно слабее нечетных, а иногда они вовсе отсутствуют, как то и имеет место для $(O^{16})_2$. Но в $O^{16}O^{18}$ (и в $O^{16}O^{17}$) ротационный набор полон! Адекватное объяснение этому дала лишь современная волновая механика; причина явления в симметрии молекулы $(O^{16})_2$, а только асимметрическая молекула дает полный набор ротационных линий, в симметрической же с совершенно одинаковыми ядрами четные уровни пропадают. Этот вывод, подтвержденный к тому же спектром молекулы Cl_2 (изотопы 35 и 37), разумеется, очень облегчил дальнейшие поиски изотопов простых элементов.

Слева от кислородного спектра на всех трех фигурах помещены соответственные водородные, и мы сейчас остановимся на некоторых деталях ротационного спектра водородной молекулы, поскольку изучение именно этого спектра привело к неожиданному для химика открытию двух уже не изотопов, которых здесь быть не может, а двух аллотропических модификаций водорода. Эти выводы предшествовали результатам в отношении кислорода, так как, по сказанному ранее, из-за малости масс водородных атомов все кванты их велики, а потому, как явствует из сопоставления двух соседних схем, все тонкие детали ротационных спектров представляются у водорода в большом масштабе. Поэтому уже первые наблюдатели этого спектра отметили, что каждая вторая линия ротационной полосы (2, 4, 6, . . .) значительно слабее промежуточных нечетных. Читателю известно объяснение явления: отвлеченнейшая теория Гейзенберга и Гунда и ряд прямых экспериментальных тепловых измерений (Денисон) показали, что линии эти обусловлены различными конфигурациями соединяющихся в молекулу ядер водорода: нечетные линии принадлежат антисимметрическим конфигурациям теории Гейзенберга и Гунда,

т. е. таким молекулам, у которых момент вращения составляющих ядер направлен в одну и ту же сторону, что на фиг. 7 отмечено А ($\uparrow\uparrow$); четные же линии принадлежат симметрическим молекулам, таким, у которых моменты ядер антипараллельны, т. е. направлены в противоположные стороны — на схеме S ($\uparrow\downarrow$). Первые были названы ортоводородом, вторые параводородом. Теоретические соображения Гейзенберга, сравнение интенсивностей линий и, наконец, кривая теплоемкости водорода согласно привели к отношению двух модификаций орто : пара = 3 : 1. Мы покажем сейчас, как эта же схема ротационного спектра позволила предвидеть теоретически превращение ортоводорода в парамодификацию, что вскоре было осуществлено и на практике. Начнем с небольшого отступления: на обеих конкретных схемах (фиг. 6 и 7) наиболее замечательным для современного физика является обстоятельство, что нулевой терм не есть нуль спектральной шкалы, а расположен значительно выше: это нулевое состояние — и все же с полуквантом энергии — есть один из начальных выводов современных квантовой и волновой механик (поскольку первое время эти теории были нетождественны), и, наоборот, обстоятельство это, давно известное спектроскописту, являлось постоянным объектом сомнений, с тем, чтобы затем стать краеугольным опытным камнем волновой и квантовой механик. Итак станем охлаждать водород; это значит, что параводород станет спускаться по квантовой лестнице $6 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 0$, ортоводород же по $5 \rightarrow 3 \rightarrow 1$. В то время как первый легко спускается по этой лестнице до нуля, ортоводород застревает на 1 уровне, ибо нулевой уровень — уровень четный — параводородный. Ненормальный квант энергии при низкой температуре поведет, очевидно, к усилению тенденции к превращению в парамодификацию. Это и было доказано Бонгефером; однако, реакция превращения шла медленно, требуя для

осуществления месяцев. Эйкен удачно воспользовался простейшим катализатором — адсорбирующим кокосовым углем и свел продолжительность превращения к нескольким часам. Таким образом выходит, что хотя нормально параводорода лишь 25%, однако его можно легко иметь в состоянии 100% чистоты; для ортоводорода же пока таких даже теоретических возможностей не видно вовсе, хотя нормально его в водороде целых 75%.

Следующий ряд результатов дается просто из рассмотрения масштабов трех сопоставленных ротационных и колебательных спектров: кванты оказываются чрезвычайно различающимися по величине у трех молекул: громадные у водорода, они невелики у кислорода и совсем малы у молекулы иода. Нормально кванты энергии приобретаются молекулами просто в силу теплового движения, и соответственные количества тепла (в расчете на грамм-молекулу) и даны на схемах слева, справа же приведены абсолютные температуры, при которых собираются эти количества тепла (по формуле $Q = RT$, где R — газовая постоянная). Обратившись к ротационной схеме водорода, мы видим очень большие кванты, так что нормально первый квант достигается лишь около 100° абс., второй же значительно выше 200° абс. Это значит, что ортоводород лишь со 100° , а параводород лишь с 200° начнет вести себя как нормальный двухатомный газ, т. е. совершать предусмотренные фиг. 1а вращения. Но ведь как-раз этими вращательными движениями обусловлена избыточная теплоемкость двухатомных газов: именно, эти два лишних возможных движения (две „степени свободы“) обуславливают то, что теплоемкость двухатомного газа не $\frac{3}{2}R$, как у одноатомного,¹ а $\frac{5}{2}R = 5$ калорий. Выходит, что

при низких температурах водород в отношении теплоемкости становится подобен одноатомному газу, „вырождается“. Этот замечательный факт (Нернст и Эйкен) в свое время (1912) произвел необычайное впечатление на теоретиков. Мы видим, что подобное вырождение является нормальным делом всякого двухатомного газа, но только у водорода высказано особенно резко и при сравнительно высоких температурах из-за крупного масштаба соответственной квантовой картины. Газообразный иод и прочие галоиды, наоборот, уже при нормальной температуре имеют теплоемкость не 5, а 6 калорий, т. е. обладают целую степенью свободы больше, чем нормальная двухатомная молекула. Это следствие необычайно мелкого масштаба соответствующей схемы термов молекулярного иода. Именно в силу этого, уже при нормальных температурах оказывается превзойденным первый даже колебательный квант, т. е. галоиды уже нормально (фиг. 6) совершают и движение, изображенное на фиг. 1б, каковое движение и составляет третью степень свободы, обуславливающую и соответственное значение теплоемкости: 6, а не 5. Диаграмма „нормального“ двухатомного газа — кислорода — показывает, что для него подобное состояние наступает в ранге температур около 1500° , что прекрасно и подтверждается опытом.

Масштабами колебательных квантов объясняется и диссоциация соответствующих молекул. Читателю должно быть известно, что она обуславливается все увеличивающимся размахом колебаний мысленной пружины, которую мы соединили два ядра на фиг. 1б. Эти размахи растут по квантовой лестнице, и для разрыва достаточно обычно немногих квантов. Но, в таком случае, эта диссоциация наступает тем быстрее, чем меньше кванты данной молекулы вообще, т. е. в порядке I_2 , H_2 , O_2 , как то и показывает фиг. 5, где теплоты (полной) диссоциации даны пунктиром.

¹ R есть постоянная закона Бойля-Мариотта — Гей-Люссака; выраженная в тепловых единицах она почти точно равна 2 калориям.

Одно из самых замечательных (и притом для химика) следствий расщипровки молекулярных спектров есть, к сожалению из-за недостаточности масштаба, непоказанное на фиг. 5 расщепление нижнего, основного уровня кислородной молекулы на три, что впрочем отмечено индексом 3 вверху при обозначении этого уровня $^3\Sigma$. Эта тройка в показателе говорит современному физику очень много, именно показывает, что и в состоянии молекулы кислород все же еще обладает двумя свободными, т. е. неспаренными, электронами, и это подтверждает то, что известным американским химиком Г. Н. Льюисом предложено уже давно как вывод из целой совокупности физико-химических фактов: именно, что в молекуле кислорода оба атома связаны не двойною а лишь ординарною связью, две же связи остаются свободными, т. е. мы имеем: $—O—O—$. Как много это дает для объяснения свойств кислорода, в частности его парамагнетизма и пр.; на этом мы здесь не можем остановиться, но отметим еще один аналогичный результат, именно: подобная же схема термов для окисла азота NO позволяет заключить, что и здесь связь между азотом и кислородом ординарная, а свободная остающаяся связь обусловлена не азотом, а кислородом, две же связи первого как бы насыщают друг друга (дают связанную пару электронов), т. е. мы имеем формулу: $N—O—$. Таким образом, все замечательные окисляющие свойства кислородных соединений азота оказываются обусловленными именно этой свободною связью кислорода, а не азота, как то предполагалось всегда.

Открытие изотопов кислорода, конечно, заставило более внимательно просмотреть молекулярные спектры и прочих, а прежде всего не имеющих изотопов элементов. Положительный результат — и очень скоро — был получен из так называемого спектра Свонна, представляющего собою молекулярный спектр связанных одною

простою связью двух атомов углерода: $—C—C—$. Аналогичный приведенному выше анализ полос, выполненный американцами Берджем и Кингом, привел к несомненному установлению второго изотопа углерода C^{13} , а несколько позднее, снова американцем же Ходжем, из молекулярного спектра NO был таким же образом фиксирован и изотоп азота N^{16} .

Как ни малы количества изотопов у этих трех дотоле „простых“ элементов, все же обнаружение их ведет к новому принципиальному вопросу. Как известно, астонские результаты в отношении атомных дефектов коэффициентов упаковки еще раз подтвердили чрезвычайную улачность введенного 30 лет тому назад, по предложению Вильгельма Оствальда, исчисления атомных весов в отношении не принятого за единицу водорода, а в отношении кислорода, атомный вес которого фиксируется в 16.000, а тогда атомный вес водорода получается 1.008. Всего лишь в прошлом году, в результате чрезвычайного повышения точности атомных весов, немецкою комиссией было признано возможным для многих элементов писать даже 4-й знак после запятой, т. е. прежде всего написать для кислорода $O=16.0000$ (и для водорода $H=1.0078$). Между тем, вновь открытые изотопы кислорода заставляют — как то не трудно исчислить из приведенных выше концентраций — принять „практический“ атомный вес кислорода в 16.0020. Конечно, это непосредственно относится лишь к прямо прочитываемым атомным весам, по Астону, и ни в какой степени не затрагивает химически определяемых отношений атомных весов, но возникает принципиальный вопрос о допустимости выбора стандартным элементом не „простого“ элемента, каким оказался кислород. Немецкая комиссия атомных весов в отчете своем на текущий год уже имела суждение по этому вопросу. Ввиду малой, главное же еще недостаточно точно установленной по-

правки, решено было пока все оставить попрежнему, но принципиально высказано было мнение, что, ввиду возможности аналогичного и с прочими элементами, вероятно правильнее всего будет стандартным элемен-

том вновь принять водород, атом которого, представляющий простейшую систему одного протона и одного электрона, как будто бы определенно гарантирует отсутствие возможности каких-либо изотопических явлений.

Значение метода эксплантации для морфологии¹

Н. Г. Хлопин

Для полной и разносторонней морфологической характеристики структурных элементов живого организма необходимо не только знать их форму, строение и взаимное расположение в какой-нибудь момент при нормальных условиях, их эмбриональное развитие и изменения в течение нормального жизненного цикла, но и те превращения, которые они могут претерпевать под влиянием ненормальных внешних условий, создаваемых экспериментом или патологическим процессом.

Другими словами, морфологическое значение эмбриональных зачатков и их дериватов во взрослом организме определяется суммой заключенных в них морфогенетических потенций, которые могут проявляться в результате клеточной или тканевой реакции на те или иные внешние раздражители. Одним из таких раздражителей является всякая травма, связанная с нарушением взаимного расположения каких-нибудь составных частей живого организма и сопровождающаяся обычно их частичной гибелью.

Выведенные из нормального состояния равновесия и оставшиеся живыми, тканевые элементы почти всегда реагируют пролиферацией или, по крайней мере, ростом, претерпевая

при этом те или иные превращения. Местный дефект, причиненный целому организму, вызывает процесс регенерации, подчиненный коррелятивным связям организма. Наоборот, клеточный комплекс или маленькая частица, выделенная из целого организма и помещенная в питательную среду подходящего состава, позволяющую его клеточным элементам при соответствующих температурных условиях размножиться или, по крайней мере, расти, дает начало так называемой тканевой культуре и называется эксплантатом. Так как обмен веществ в культурах происходит исключительно путем осмотическим, величина эксплантата обыкновенно бывает порядка 1 мм в поперечнике. В настоящее время посев, т. е. приготовление тканевой культуры, производится согласно технике, открытой в 1907 г. Гаррисоном и разработанной затем, главным образом, Каррелем с его многочисленными сотрудниками и учениками. Тканевые культуры были, таким образом, получены как из всевозможных нормальных тканей и органов различных позвоночных, начиная от рыб и кончая человеком, так и из злокачественных опухолей. Большинство данных относится к тканевым культурам из куриных зародышей и из тканей лабораторных млекопитающих. Имеются также наблюдения, касающиеся тканевых культур из беспозвоночных, и значительное число работ по эксплантации

¹ Программный доклад, прочитанный в Секции гистологии IV Всесоюзного съезда анатомов, зоологов и гистологов в Киеве 6 мая 1930 года.

тканей растений, на которых я здесь останавливаться не буду. Общий характер роста культур зависит от тканевого состава и природы эксплантата, а также от свойств питательной среды, и начинается через различное время после посева — от нескольких часов до 1, 2, 3, реже более дней. Чаще всего рост выражается в том, что клеточные элементы посеянного кусочка начинают активно внедряться в сверток фибрина, а также разрастаться по его поверхности или поверхности стекла, слюды и т. п., образуя так называемую зону роста, отличающуюся по своей структуре от исходного материала. При этом происходит более или менее значительное перераспределение имевшегося раньше клеточного материала и, в большинстве случаев, энергичное размножение его путем кариокинеза.

В некоторых случаях, однако, такой экстенсивный рост и образование зоны роста могут совершенно не иметь места или бывают выражены относительно слабо. Тогда главные изменения происходят внутри самого посеянного кусочка. При этом его тканевые элементы не расходуются на образование зоны роста, а сохраняют некоторое время свое характерное взаимное расположение и могут при наличии в них соответствующих морфогенетических потенций, давать картины, сходные до известной степени с развитием замкнутых в себе эмбриональных зачатков.

В культурах, растущих экстенсивно, образование новой зоны роста происходит после каждого очередного пересева с вырезанием. При пересевах без вырезания, раз образовавшаяся зона роста продолжает долгое время увеличиваться в размерах, часто изменяя при этом свой характер. В первом случае культурам периодически наносится травма, а вместе с тем их тканевым элементам несомненно сообщается дополнительный регенераторный стимул к росту и размножению. Можно различать четыре главных

типа экстенсивного роста: 1) рост или, вернее, эмиграция свободных амебоидных клеток; 2) рост неамебоидными веретенчатыми или звездчатыми клетками, большей частью соединенными своими отростками и образующими сетчатые структуры разной степени плотности и густоты; 3) рост сплошными клеточными комплексами разной формы (пластинками, тяжами, островками, трубчатыми или мешковидными образованиями и пузырьками), состоящими из тесно сближенных клеток разной формы; 4) образование длинных, нитевидных, сложно ветвящихся и переплетающихся клеточных отростков, без размножения самих клеток. Изучая общий характер роста разных тканей *in vitro*, можно отметить, что для каждой из них характерен по преимуществу один из этих типов, прочие же могут наблюдаться лишь как отступающие на задний план, сопутствующие и переходящие явления.

Оба первых типа роста в смешанном или чистом виде характерны, главным образом, для мезенхимы, с ее производными, для сарком и для мышечной ткани. Большая часть эпителиальных тканей растет, главным образом, по третьему типу. Картины роста эпителия осложняются еще тем, что его элементы очень энергично растворяют сверток фибрина, образуя в нем полости, наполненные жидкостью, которые очень сильно влияют на форму и характер сплошных эпителиальных комплексов. При быстро наступающем разжижении среды, эпителий может преимущественно разрастаться по поверхности самого эксплантата, эпителизируя ее целиком или отдельными участками. Наконец, четвертый тип характерен для эмбриональных нервных элементов.

Рост изолированных клеток Максимова обозначает как рост цитодный или цитотипический, рост так или иначе связанных друг с другом элементов — как гистиоидный или гистотипический, наконец, рост наподобие эмбриональных зачатков без

образования зоны роста — как органоидный или органотипический.

В дальнейшем я остановлюсь лишь на данных преимущественно гистологического характера, оставляя в стороне многочисленные факты, касающиеся цитологии, а тем более цитофизиологии тканевых культур.

Мезенхимные культуры, полученные из всевозможных органов зародышей птиц и млекопитающих, имеют при периодических пассажах (пересевах) с вырезанием очень однообразный характер.

Мезенхимные клетки, энергично размножаясь, с одной стороны дают *in vitro* типичную для всякой соединительной ткани сетчатую зону роста, которая образуется вновь после каждого очередного пересева с вырезанием. Другая, сравнительно небольшая их часть, после эксплантации округляется и превращается в амeboидные элементы, эмигрирующие в питательную среду и новообразованную сетчатую зону роста. За отростчатыми клетками, большей частью соединенными, по одним взглядам в синцициальную сеть, по другим — лишь соприкасающимися своими отростками, укрепилось едва ли правильное название фибробластов.

Блуждающие мезенхимные клетки, как по всей морфологии, так и по их отношению к прижизненно-красящим веществам, более всего напоминают гистиоциты или макрофаги. Они могут легко превращаться в отростчатые формы и вновь входить в состав мезенхимной сети.

После известного числа пересевов с вырезанием, блуждающие клетки, по многим данным, перестают обнаруживаться, и зона роста обыкновенно приобретает стационарный сетчатый характер. Такие стационарные культуры, сохраняющие способность к неограниченному росту, часто называют чистыми штаммами фибробластов. В лаборатории Карреля в настоящее время имеется такой штамм, выделенный из сердца куриного зародыша и растущий *in vitro* свыше

18 лет. Однако, при каких-то, ближе не выясненных условиях в так называемых чистых штаммах куриных фибробластов совершенно неожиданно могут вновь появиться свободные блуждающие клетки типа макрофагов. До сих пор правда имеются лишь единичные наблюдения, говорящие в пользу возможности такого превращения (Фишер). Лишь в чистых культурах из элементов стромы селезенки куриных зародышей такое обратное превращение оседлых форм в амeboидные клетки разных размеров повидимому оказывается постоянным явлением (Фишер и Дольжанский). Нельзя не отметить, однако, что до сих пор в известной мне литературе нет исчерпывающего гистологического описания так называемых чистых штаммов куриных фибробластов. Имеющиеся в моем распоряжении факты, касающиеся, главным образом, тканевых культур из мезенхимы человеческих зародышей, прослеженных мною до 1½—2 месяцев жизни *in vitro*, заставляют несколько иным образом смотреть на природу таких соединительно-тканевых культур. В культурах человеческой мезенхимы, имеющих уже вполне стационарный характер, т. е. когда их зона роста после очередных пересевов уже дает постоянно повторяющиеся картины и при поверхностном изучении представляется состоящей из сходных друг с другом клеток, можно всегда констатировать значительный полиморфизм и неизменное присутствие клеток амeboидного характера. Вероятнее всего будет предположить, что зона роста стационарных культур из зародышевой соединительной ткани, находящаяся под влиянием постоянных регенераторных стимулов (травма при вырезании), по крайней мере в значительной степени состоит из недифференцированных или мало дифференцированных мезенхимных элементов, а не соединительно-тканевых клеток взрослого организма, обозначаемых как фибробласты.

Благодаря условиям роста, весьма благоприятствующим тигмоцитозу,

т. е. не амeboидному состоянию клеток, зона роста таких культур имеет преобладающий сетевидный характер. Отсутствие межклеточного вещества в таких энергично пролиферирующих эксплантатах также говорит в пользу более или менее индифферентного характера их клеточных элементов. Так как ткань стационарных культур, строго говоря, не может быть вполне приравнена к какой-либо ткани нормального взрослого или зародышевого организма, но в некоторых отношениях (напр. по типу глюколиза, Кронтовский) напоминает так называемую регенераторную бластему, то ее можно было бы обозначить термином (мезенхимальной) эксплантационной бластемы.

Тканевые штаммы, выделенные из мезенхимальных участков куриного зародыша разного перспективного значения, напр. из межмышечной мезенхимы и из скелетогенной (хондробластической или остеобластической), несмотря на большое сходство, быть может даже тождественность своего внешнего вида, заметно отличаются друг от друга рядом своих физиологических свойств, напр. кривыми интенсивности роста при различном составе питательной среды и так называемой остаточной энергией роста (Фишер и Паркер). Так как эти физиологические особенности сохраняются тканевыми штаммами очень упорно, приходится признать, что детерминированность или преддетерминированность мезенхимных участков накладывает на их клеточные элементы весьма глубокий отпечаток.

Если соответствующим образом изменить условия культивирования, то эксплантационная бластема оказывается способной к вызреванию и разнообразным процессам дифференцировки. Для того, чтобы вызвать дифференцировку эксплантационной бластемы, необходимо прежде всего исключить или по крайней мере ослабить регенераторный стимул при пересевах, т. е. пересевать без вырезания, сменяя лишь жидкую часть

питательной среды или хотя бы пересевать культуры, не деля их на части. Кроме того, для особенно энергично растущих тканей куриного зародыша оказывается весьма важным подавить энергию роста и размножения клеток соответствующим изменением состава питательной среды.

Дифференцировка мезенхимных культур состоит в образовании межклеточного вещества и в изменении морфологии клеток. Начинается она, как правило, в центральных частях культуры.

Фишеру и Паркеру удалось с несомненностью показать, что образующееся *in vitro* межклеточное вещество может быть различного характера, смотря по тому, из какого источника была выделена эксплантационная бластема. Межмышечная бластема дает волокнистое, мягкое межклеточное вещество, хондрогенная и остеогенная — очень плотное, подчас имеющее, по их данным, даже кристаллический характер. Более подробной морфологической обработки этих наблюдений пока не имеется.

Блуму удалось показать, что в мезенхимных культурах из эмбриональной кроличьей аорты, растущих рядом с пульсирующим кусочком сердца того же зародыша, развивается не только фибриллярное межклеточное вещество импрегнирующееся серебром и красящееся по Маллори, но и волокна, по своим красочным реакциям идентичные с эластическими. Гистогенез соединительной ткани из кожной и межмышечной мезенхимы человеческих зародышей *in vitro* был в последнее время прослежен мной. Сначала около клеток зоны роста появляются тончайшие волокна а, которые, по их красочным реакциям, принято называть преколлагеновыми. Вскоре они образуют густой войлок. Затем они могут значительно утолщаться, образуя фибриллярные пучки, частью уже коллагеновой природы. Клеточные элементы тем временем частью дифференцируются в совершенно типичные фибробласты с ясными

тонофибриллами, частью превращаются в гистиоциты или блуждающие клетки в покое, частью же по видимому сохраняют долгое время более индифферентный характер. В некоторых случаях даже развиваются гистиогенные тучные клетки. Таким образом получается несколько атипичная дифференцированная ткань, по своему составу напоминающая в общих чертах взрослую соединительную ткань с фибриллярным межклеточным веществом.

В высшей степени интересные в гистологическом отношении данные были получены с культурами отцентрифугированных лейкоцитов нормальной крови и с культурами лейкоцитарной крови. Авророву и Тимофеевскому удалось впервые наблюдать на человеческом материале превращение вне организма базофильных круглых *Stammzellen* лейкоцитарной крови в отростчатые оседлые клеточные формы, сходные с фибробластами. Судьба кровяных клеток вне организма была затем изучена на курином материале Каррелем и Эбелингом, а на низших позвоночных Льюисом. Наконец полный гистологический анализ превращений белых кровяных клеток *in vitro* был дан Максимовым, Тимофеевским и Беневоленской. Превращения вне организма кровяных клеток циркулирующей крови рисуются в настоящее время следующим образом: симфоциты и моноциты способны вне организма к различным превращениям — они гипертрофируются, размножаются и превращаются в крупные амебоидные элементы типа макрофагов. Крупные макрофаги удаётся при этом, после ряда пересевов, выделить в чистых культурах, которые резко отличаются от мезенхимных культур и представляют из себя не культуру ткани, а культуры свободных амебоидных клеток. Однако, с течением времени макрофаги в культурах претерпевают замечательные превращения; с особенной легкостью это наблюдается на млекопитающих. Свободные блуждающие клетки начинают превра-

щаться, выпуская отростки и соединяясь ими друг с другом в оседлые формы, и образуют в конечном итоге сетчатую ткань — сходную с эксплантационной бластемой, получающейся из мезенхимы. Эксплантационная бластема, образовавшаяся из макрофагов, затем при соответствующих условиях культивирования дифференцируется в соединительную ткань с фибробластами, блуждающими клетками в покое и фибриллярным межклеточным веществом, которое в конце концов может принять характер настоящих коллагеновых пучков. На этом материале Максимову и удалось впервые с несомненностью доказать развитие соединительной ткани из кровяных клеток и новообразование волокнистого межклеточного вещества вне организма и, кроме того, установить возникновение его вне клеток, т. е. не путем непосредственного превращения клеточной протоплазмы, а путем процесса, сходного, по его данным, с кристаллизацией. Лимфоидные клетки и макрофаги брюшного эксудата, лимфоциты из лимфы также оказались способными превращаться *in vitro* в оседлые отростчатые формы (Максимов, Верещинский, Блум). Превращение клеток брюшного эксудата в оседлые и эозинофильные элементы было также изучено де-Гааном, при применении особой, разработанной им методики непрерывного промывания культур. В культурах лейкоцитарной крови Тимофеевскому и Беневоленской удалось наблюдать не только оседлые, похожие на фибробласты клеточные формы, но и дифференцировку миэлобластов в миэлоциты, специальные, эозинофильные и базофильные, и даже эритробласты, т. е. наблюдать гематопозз вне организма. Каффье описал также превращение лимфоцитов и моноцитов нормальной человеческой крови в ткань, сходную с эксплантационной бластемой.

Исчерпывающие по своей полноте работы над культурами лимфатических узлов взрослых млекопитающих (кролика) принадлежат Максимову. Ему

удалось показать, что из ретикулярных клеток может образовываться *in vitro* эксплантационная бластема, состоящая из оседлых клеток типа фибробластов, лимфоциты (гемоцитобласты) и макрофаги. Лимфоциты оказались при известных условиях способными к образованию специальных миелоцитов и плазматических клеток Унна. Недавно Мак-Кинни удалось наблюдать образование на том же материале аргирофильных волокон и коллагеновых пучков. Образование оседлых соединительно-тканых форм и макрофагов из ретикулярных клеток и, в некоторых случаях, прямо из лимфоцитов можно также констатировать в культурах кровяных органов низших позвоночных (Хлопин).

Кроме того, удалось показать, что эритробласты и миелоциты могут развиваться и непосредственно из ретикулярных клеток, минуя лимфоидную стадию (Хлопин). По последним данным Беневоленской, непосредственное развитие дифференцированных кровяных клеток из мезенхимных элементов имеет место, наряду с их образованием из гемоцитобластов, и в культурах печени человеческих зародышей. Все попадающие в эксплантат зрелые дифференцированные кровяные формы (гранулоциты и эритроциты), по истечении известного промежутка времени, погибают. Миелоциты и эритробласты могут в течение первых дней после эксплантации размножаться и, повидимому, созревать, но затем также неминуемо гибнут.

Превращения соединительной ткани взрослых млекопитающих было изучено в культурах Максимовым. По его данным, фибробласты образуют *in vitro* обычную сетчатую зону роста, сходную с эксплантационной бластемой мезенхимных культур. Блуждающие клетки в покое мобилизуются, превращаясь в макрофаги, дальнейшая судьба которых уже была описана выше.

Хрящевая и костная ткань взрослых животных, повидимому, не способна к сколько-нибудь длительной жизни

вне организма. Что касается до хрящевой ткани зародышей, то ее элементы могут долгое время жить и размножаться *in vitro*. При этом превращения хрящевой ткани могут иметь различный характер. При эксплантации кусочков хряща скелета куриных зародышей (Фишер) или частиц хрящевых закладок скелета млекопитающих (Хлопин), межклеточное вещество подвергается обратному развитию, а хрящевые клетки, размножаясь, образуют индифферентную зону роста. По данным Фишера, хрящевые клетки по характеру своего роста и по своей закругленной форме отличаются от обычных мезенхимных клеток, но с течением времени могут давать картины, сходные с сетчатой эксплантационной бластемой, выделенной из скелетогенных участков мезенхимы.

Что касается до эндотелия, то зародышевый эндотелий сердца куриных зародышей может быть выделен в чистой культуре; по общему характеру роста, он дает картины, не отличающиеся от мезенхимы (Нишибе). Некоторые авторы приписывают клеточным мембранам, наблюдавшимся ими в культурах некоторых органов (печень, почки и т. д.) эндотелиальное происхождение. Наконец, на эмбриональном материале описывался рост эндотелиальных сосудов почек. Эндотелий кровеносных сосудов и капилляров взрослых животных, повидимому, не отличается по своему росту от фибробластов (Максимов, Зильберберг). Его превращения однако еще не могут считаться достаточно изученными. Интересно отметить, что, по данным Ланга, получающиеся в культурах легкого так называемые „альвеолярные фагоциты“ имеют по своим свойствам характер макрофагов и соответственно этому соединительно-тканное, а не эпителиальное происхождение.

На этом месте следует коснуться тех весьма интересных данных, которые получены в настоящее время при изучении тканевых культур из соединительно-тканых злокачественных

опухолей. По характеру клеточных форм *in vitro*, саркомы могут быть разделены на две главные группы. Одна из них характеризуется чрезвычайно полиморфными клетками, среди которых преобладают свободные блуждающие клетки разных размеров — от очень мелких элементов, похожих на лимфоциты, до весьма крупных, типа макрофагов. Наиболее изученной опухолью этого типа является куриная саркома Рауса (Каррель, Фишер). Главным носителем злокачественных свойств этих опухолей являются, как показывают опыты с обратной трансплантацией культур животных, блуждающие клетки типа макрофагов. Это подтверждается также удачными опытами превращения, под влиянием разных агентов, нормальных макрофагов в злокачественные опухолевые клетки. Из этих опухолевых макрофагов могут возникать вне организма оседлые отростчатые формы, сходные с так называемыми фибробластами, которые удается затем выделить в чистой культуре. Такие чистые культуры имеют характер обычной эксплантационной бластымы и оказываются лишенными злокачественных свойств. Другой тип опухолей, напр. веретенклеточная саркома и миксосаркома кур (Каррель, Кимура), дает в культурах ткань типа эксплантационной бластымы, состоящую из оседлых, похожих на фибробласты клеток, целиком сохраняющих свои злокачественные свойства. Кроме того, культуры саркоматозных элементов отличаются от нормальных соединительно-тканых клеток еще весьма существенными биологическими свойствами: при совместном культивировании с нормальными тканями они их быстро губят и разрушают. Для длительного культивирования многих злокачественных опухолей прибавление кусочка какой-нибудь нормальной ткани даже оказывается совершенно необходимым.

Особенный патолого-гистологический интерес представляют наконец опыты заражения тканевых культур (из кровяных элементов или из кроветворных

органов) или культивирования инфицированных туберкулезом или проказой тканей. Таким образом удается шаг за шагом проследить *in vitro* гистогенез типичных туберкулезных бугорков с эпителиоидными и гигантскими клетками (Максимов, Тимофеевский и Беневоленская), лепрозных клеток (Тимофеевский) и т. п.

Выше было уже мной указан в общих чертах характер роста эпителия. Упомянутые эпителиальные мембраны, тяжи, похожие на трубки образования и т. п. оказываются состоящими из весьма индифферентных клеток, большей частью не обнаруживающих каких-нибудь специфических структур (Фишер, Капель, Хлопин). Поэтому такой более или менее энергично растущий и пролиферирующий *in vitro* эпителий можно с полным правом охарактеризовать как эпителиальную эксплантационную бластему, т. е. ткань в морфологическом отношении очень мало дифференцированную.

В энергично растущих эпителиальных мембранах, состоящих большей частью из плоских клеток самой разнообразной формы и величины, часто даже не удастся обнаружить настоящих межклеточных мостиков. Еще более примитивный характер имеют изолированные эпителиальные клетки. Эти последние, хотя и отличаются по известным морфологическим деталям от соединительно-тканых элементов, могут обнаружить явление фагоцитоза и по внешней своей форме приближаться к оседлым или к амебоидным соединительно-тканым клеткам. Наоборот, в эпителиальных комплексах, растущих внутри плотной питательной среды или внедряющихся в соединительно-тканную зону роста, составляющие их большей частью полиэдрические клетки тесно сближены друг с другом или бывают соединены ясными межклеточными мостиками. Такие эпителиальные комплексы часто оказываются полыми внутри. В таких случаях они имеют характер неправильных трубок или замкнутых полостей.

В их просвете могут скапливаться белковые массы, представляющие из себя, повидимому, продукт атипичной секреции окружающих клеток. Следует отметить, что такие эпителиальные образования вместе с тем, как правило, растут медленнее эпителиальных мембран, распространяющихся по свободным поверхностям. Совершенно индифферентный характер могут также во многих случаях принять и эпителиальные элементы внутри самого посеянного кусочка. Это имеет, напр., место в эксплантатах многих дифференцированных железистых органов. Специфическая дифференцировка разных отделов желез утрачивается и эпителиальные клетки превращаются в морфологически однородный клеточный материал. Хотя культивирование эпителия и представляет значительные технические трудности, тем не менее оказывается возможным получить весьма длительные стационарные культуры чистой эпителиальной бластемы разного происхождения: из пигментного эпителия сетчатой оболочки (Капель), из эпителия края радужины (Фишер), желудка (Фишер), щитовидной железы (Эбелинг) и печени (Дольжанский) куриных зародышей, из ракового эпителия эрлиховской карциномы мышей (Фишер) и т. п.

Однако, при других условиях жизни *in vitro*, а именно там, где эпителий не имеет возможности энергично расти и пролиферировать, он так же, как и соединительная ткань, оказывается способным к образованию более дифференцированных структур или может более или менее длительное время сохранять имевшуюся у него до эксплантации гистологическую дифференцировку. Это, напр., относится в значительной степени к покровному, не разрастающемуся по окружающей питательной среде, эпителию самого эксплантата. Благоприятным моментом для дифференцировки эпителия являются, повидимому, тоже пересевы без разрезания культуры на части. В то время как в элементах эпителиальной бластемы можно лишь в виде исключе-

ния обнаружить какие-нибудь если и не гистологические, то по крайней мере цитологические особенности, указывающие на их происхождение из того или иного органа (образование пигмента в пигментном эпителии, — Капель; образование слизи в эпителии эмбрионального желудка, — Фишер), в более дифференцированных эпителиальных структурах уже могут проявляться довольно характерные гистологические особенности той или иной эпителиальной ткани. В эксплантатах из желудка (Капель, Елисеев), кишечника (Капель, Тёрё, Хлопин), поджелудочной железы (Хлопин), в местах, где имеются налицо условия для образования (или сохранения) покровного эпителия без энергичной пролиферации его элементов, он, как правило, представляется однослойным и состоит из кубических или призматических элементов с ясными межклеточными мостиками и замыкающими полосками на свободной поверхности. Кроме того, свободная поверхность протоплазмы эпителиальных клеток может, оплотневая, превращаться в подобие кутикулярной пластинки. При аналогичных условиях в эксплантатах из кожи зародышей млекопитающих и птиц (Максимов, Хлопин), слюнных желез новорожденных и молодых кроликов (Хлопин, Цымбал), зобной железы (Часовников, Попов), бронхов (Стрелин), слизистой оболочки мочевого пузыря (Хлопин), наоборот, можно заметить ясно выраженную тенденцию к образованию двух- и многослойных покровных структур, во многих случаях напоминающих типичный многослойный эпителий, с плоскими поверхностными клетками и полиэдрическими или кубическими элементами глубоких слоев. Кроме того, для эпителиев этого типа, включая сюда эпителий молочной железы (Максимов), во многих случаях оказывается характерным образование своеобразных концентрических структур из наслоенных друг на друга клеток в толще массивных эпителиальных комплексов. Такие же концентрические, похожие на так называемые

жемчужины, образования могут наблюдаться и в виде изолированных островков, разбросанных в соединительно-тканной зоне роста или в сетке фибрина. Чрезвычайно интересные данные были получены Поповым и, особенно, Часовниковым при изучении культур зубной железы. Часовникову удалось с несомненностью доказать наличие в составе ретикулярной стромы этого органа как соединительно-тканных, так и эпителиальных элементов, резко отличающихся друг от друга. Наконец, в некоторых случаях в поверхностных слоях многослойного плоского эпителия или внутри концентрических эпителиальных масс наблюдались своеобразные дегенеративные изменения в клетках, напоминающие процесс орогования (Максимов, Фелл). Любопытно отметить, что такое явление было описано также Фишером в чистых культурах эпителия эмбриональной куриной радужины. Этого факта нельзя не сопоставить с парадоксальной регенерацией хрусталика из эпителия глазного бокала, которая, как известно, была подробно изучена у амфибий (Вольф, Фишель, Шпеман и др.). К какой группе следует отнести эпителий щитовидной железы — пока остается неясным. В высшей степени интересные и в техническом отношении блестящие работы Эбелинга, которому удалось культивировать в чистом виде эпителий щитовидной железы в течение многих месяцев, к сожалению, недостаточно полно изучены с гистологической точки зрения. По данным этого автора, эпителиальная бластема, выделенная из этого органа, даже после длительного культивирования в таком индифферентном виде может при соответствующих условиях образовывать эпителиальные пузырьки, с белковым содержанием, сходным с коллоидом. Имеется ли в этом случае образование высоко дифференцированных структур, специфичных для данного органа, или эпителиальных пузырьков, по существу сходных с аналогичными образованиями, встречающимися и в культурах других видов эпите-

лия, пока сказать с несомненностью трудно.

Наоборот, в культурах ракового эпителия из аденокарциномы мышей Эрлиха, при тех же условиях, как показывают мои, еще не опубликованные наблюдения, не удается обнаружить появления дифференцированных структур, — напр., совершенно отсутствует настоящий покровный эпителий и вообще явление эпителизации эксплантата (Фишер). Раковый эпителий растет только индифферентной бластемой, разрастаясь по поверхности, или дает картины инфильтративного роста. Для злокачественного ракового эпителия так же, как для элементов изученных сарком, весьма характерна способность разрушать *in vivo* и *in vitro* нормальные ткани организма. Раковые клетки, даже при очень длительном культивировании вне организма (в течение многих месяцев), не теряют своих злокачественных свойств и при обратной эксплантации в организм дают быстро растущие опухоли (Фишер). Культуры же нормального эпителия, в которых имеется налицо энергично растущая эпителиальная бластема, временами обнаруживающая даже инфильтративный характер, при обратной пересадке в целый организм никогда не давали настоящего опухолевого роста. В противоположность культурам макрофагов, культуры нормального эпителия до настоящего времени таким образом не удалось малигнизировать, т. е. получить из них настоящие опухолевые клетки.

Совершенно отличные от только что описанных картины роста обнаруживают, наконец, по некоторым данным, фолликулярные клетки яичника, сертольевские клетки яичка и мезотелий (Мясоедов, Максимов, Эзаки, Шампи, Шампи и Морита).

Способность к образованию в зоне роста сплошных клеточных комплексов выражена у них очень слабо, а с течением времени имеет тенденцию к полному исчезновению. Поэтому здесь преобладает рост соединительно-тканного типа, т. е. отростчатые клетки,

могущие соединяться друг с другом, образовать структуры, похожие на обычную мезенхимную бластему, и, в некоторых случаях, амебоидные формы, сходные с макрофагами. Мезотелий (Максимов) и сертольевские клетки (Эзаки) при этом, в конечном итоге, делают совершенно неотличимыми от так называемых фибробластов соединительно-тканного происхождения. Имеется ли здесь действительное превращение в соединительно-тканные элементы или только совершенно морфологическая имитация их, пока с достоверностью сказать нельзя.

Почечный эпителий (эмбриональный и постэмбриональный) по характеру своих превращений занимает, повидимому, также особое место: с одной стороны, он может образовать настоящий однослойный покровный эпителий (Шампи, Хлопин), с другой стороны, имеет также известную тенденцию к превращению в клетки, сходные с соединительно-тканными (Нордман, Шампи). Последние наблюдения Нордмана показывают, что при культивировании взрослой почки кролика элементы извитых канальцев быстро дегенерируют; к росту и размножению оказывается, наоборот, способным эпителий собирательных трубочек. Различный характер превращений *in vitro* эпителиальной ткани и способность большей части эпителиев к образованию неодинаковых дифференцированных структур могут быть, по моему мнению, положены в основу рациональной классификации эпителиальной ткани. С другой стороны, если стоять на точке зрения специфичности зародышевых листков, то значительное сходство структур, дифференцировавшихся *in vitro* из эпителия бронхов, слюнных желез, зубной железы и мочевых путей, с настоящим эктодермальным эпителием может заставить пересмотреть эмбриональный гистогенез этих органов (Хлопин).

Мышечные элементы взрослых млекопитающих и птиц могут лишь сравнительно короткое время переживать

in vitro без сколько-нибудь заметных явлений роста и пролиферации. Зато мышечные элементы зародышей оказываются способными не только к длительному переживанию, но и к размножению, сопровождающемуся ростом.

Энергично пролиферирующие и растущие *in vitro* элементы эмбриональной гладкой и сердечной мускулатуры теряют свои специфические структуры и образуют индифферентную сетчатую миобластему, не отличимую от вышеописанных мезенхимных бластем (Леви, Оливо). Поэтому возможно, что так называемые чистые культуры фибробластов, выделенные из эмбриональной сердечной мышцы, по крайней мере в некоторых случаях представляют из себя смешанные миоэпителиальные бластемы. Наоборот, не растущая энергично мышечная ткань, остающаяся в составе посеянного кусочка (напр. эмбрионального сердца или кишечника), может месяцами сохранять свою структуру и способность к самопроизвольным сокращениям (Беррсуз, Фишер).

В культурах эмбриональных скелетных мышц описывался, по крайней мере в течение первых дней после эксплантации рост многоядерных, нитевидных, частью анастомозирующих мышечных почек, а также совершенно дедифференцированных одноядерных миобластов (Льюис, Леви).

Хотя невробласты нервной системы зародышей, а тем более нервные клетки молодых животных, как правило, не могут размножаться, они довольно долгое время сохраняют вне организма способность к росту, т. е. к образованию и регенерации нервных волокон, которые тончайшими верикоэными нитями, разветвляясь, вырастают из эксплантата (Гаррисон, Ингебригтсен, Леви, Оливо, Мосса).

При посеве эмбрионального материала, кроме того, может наблюдаться выплзание самих невробластов из эксплантата и также рост невросинцития и элементов невроглии (Оливо, Капель). По своему общему характеру,

рост этих последних происходит или изолированными, частью амебоидными клетками, или сплошными клеточными мембранами, напоминающими эпителий. Элементы такой растущей индифферентными мембранами невробласты оказываются способными к длительной, может быть безграничной полиферации и росту *in vitro* и могут культивироваться в чистом виде, после вымирания всех специализированных нервных и глиальных элементов (Капель). Эмбриональные невробласты могут дифференцироваться *in vitro*, принимая характер взрослых нервных элементов (Григорьев).

Весьма интересные сложные картины дифференцировки и даже настоящего, хотя тоже атипичного, органогенеза могут наблюдаться *in vitro* при эксплантации целых эмбриональных зачатков в тех случаях, когда клеточные элементы эксплантата не разрастаются и не расплываются в индифферентную бластему, а сохраняют свое нормальное взаимное расположение. Чем моложе зародыш, тем в большей степени, повидимому, его зачаткам свойственна такая способность к самостоятельной дифференцировке (Максимов, Хлопин). Самостоятельная дифференцировка *in vitro* наблюдалась для многих эмбриональных зачатков амфибий, птиц и млекопитающих: слуховых пузырьков птиц (Фелл), глазных пузырей птиц и амфибий (Стренджуэйс и Фелл, Филатов), разных эмбриональных зачатков млекопитающих (Максимов), сердечной трубки птиц и амфибий (Оливо, Штер), почечных канальцев из нефрогенной ткани птиц и млекопитающих (Рингоф, Хлопин), кишечных ворсинок млекопитающих (Тёрё, Хлопин), хрящевых закладок скелета конечностей птиц (Фелл, Демут) и т. п. В последнем случае удалось не только наблюдать дифференцировку предхрящевой ткани в хрящ и рост хрящевой закладки, но и наступление в ней настоящего окостенения (Фелл).

Из изложенных выше фактов видно, что под влиянием новых, независимых

от регуляторных влияний со стороны целого организма условий существования тканевые элементы позвоночных, включая млекопитающих и человека, могут, реагируя на внешние раздражители, размножаться, расти и претерпевать различные превращения.

Сопоставляя полученный до настоящего времени фактический материал, можно сказать, что превращения *in vitro* могут протекать как под знаком упрощения, дедифференцировки, так и наоборот — под знаком дифференцировки. Однако под дедифференцировкой отнюдь нельзя понимать возвращение клеток к эмбриональному состоянию в смысле приобретения ими вновь, утраченных при онтогенезе, потенций развития. Нельзя думать, как это делал в свое время Шампи, что ткани разного происхождения могут дать в конечном итоге совершенно тождественные, по существу равноценные продукты обратной дифференцировки. Эксплантационные бластемы, получающиеся *in vitro*, обладают приблизительно такой же степенью детерминированности, как и исходный материал. А в настоящее время едва ли можно сомневаться, что в процессе эмбрионального развития, начиная с весьма ранних стадий, тканевые элементы позвоночных постепенно приобретают высокую степень специфичности и детерминированности. В пользу этого, по крайней мере, говорит подавляющее большинство известных и достаточно проверенных фактов. Последним этапом такого детерминированного развития тканевых элементов является полная морфологическая и функциональная дифференцировка, затем утрата способности к размножению и, наконец, физиологическая смерть. Такова, напр., судьба эритроцита, ороговевающей клетки эпидермиса и, вероятно, ряда других клеточных форм взрослого организма. В тканях, высокоспециализированные клеточные элементы которых не долговечны, всегда остается в известных пределах еще индифферентный и способный к размножению, росту и ди-

ференцировке камбий — напр., повсеместно разбросанные в соединительной ткани мезенхимные элементы, клетки росткового слоя эпидермы. Эти камбиальные элементы отнюдь не являются omnipotentными, а обладают более или менее ограниченной в пределах данной ткани специфичностью. В других случаях такой индифферентный камбий может возникать вновь путем соответствующего превращения морфологически и функционально вполне развитых и не утративших еще своей способности к размножению и росту тканевых элементов, как, напр., железистый эпителий поджелудочной или слюнных желез взрослых животных, а также элементы многих уже достаточно зрелых эмбриональных органов.

Таким камбием и являются вышеописанные эксплантационные бластымы разного происхождения, которые могут длительное время культивироваться вне организма.

Изучение различных превращений клеток позвоночных животных показывает, что им можно приписать по крайней мере тройное значение: 1) они являются просто клетками; это их самое примитивное, не специфичное значение, характеризующееся суммой всех элементарных свойств живого вещества; 2) они являются элементом уже специфичным для той или иной ткани; эта тканевая специфичность выражается в известных взаимоотношениях между отдельными клетками или в образовании характерных для той или иной ткани структур; 3) клетки являются элементами органа и, в конечном итоге, целого организма. Это последнее значение оказывается часто при нормальных условиях доминирующим и может накладывать весьма глубокий отпечаток как на отдельные клетки, так и на целые комплексы разнородных клеток, принадлежащих одной или нескольким тканям. С этой точки зрения, во всякой способной к размножению клетке следует допустить существование образовательных потенциалов трех категорий: цитобластических,

гистобластических и органобластических (Хлопин).

В тканевых культурах, как это видно из изложенных фактов, в большинстве случаев проявляются гистобластические клеточные потенции, т. е. наблюдается не рост изолированных, независимых друг от друга клеток, а рост тканей. Из нормальных тканевых элементов только белые кровяные клетки могут расти клеточной колонией, не образуя ткани. Но и в таких культурах, как правило, рано или поздно начинают проявляться гистобластические потенции, причем свободные амебодные элементы превращаются в отростчатые оседлые и образуют сетчатую ткань. Культивироваться длительное время в виде клеточной колонии могут лишь макрофаги крови куриного зародыша, да элементы некоторых сарком. Во всех других случаях появление изолированных клеток может иметь место лишь эпизодически, наряду с преобладающим тканевым ростом. В наиболее индифферентных тканях, обозначенных нами термином эксплантационная бластема, несомненно имеется морфологическая, повидимому, во многих случаях синцитиальная связь между отдельными клеточными элементами. Такие индифферентные эксплантационные бластымы, поддерживаемые в состоянии энергичной пролиферации, повидимому являются потенциально бессмертными (Каррель). Для того, чтобы клетки могли длительное время жить и расти вне организма, они должны составлять достаточно большой клеточный комплекс (Фишер). Слишком измельченные культуры, а тем более изолированные клетки, почти всегда погибают. Единственным исключением из этого правила являются элементы злокачественных опухолей (Фишер). Свой индифферентный характер эксплантационная бластема сохраняет только, если ее искусственно поддерживать в состоянии энергичной пролиферации и роста. В противном случае пролиферация сменяется дифференцировкой, т. е. в бластеме начинают появляться уже более

специальные гистобластические потенции: образуются разные специализированные клеточные формы и структуры, характерные для какого-нибудь вида или подвида взрослых тканей, то или иное основное вещество или дифференцированные структуры. Некоторые факты заставляют предполагать, что одним из моментов, благоприятствующих образованию или сохранению вне организма дифференцированных структур, является совместное культивирование разных тканей (Дрю, Шампи, Григорьев). Если сравнивать одинаковые бласты разных животных, то приходится признать, что им присуща, с одной стороны, весьма различная энергия роста, быть может обмена веществ, а с другой стороны — разная легкость дифференцировки, причем первая, повидимому, обратно пропорциональна второй. Пролиферативная энергия куриной соединительно-тканной бласты оказывается совершенно исключительной; вместе с тем она сравнительно нелегко вызревает (Фишер и Паркор). Соединительно-тканная бласта некоторых млекопитающих (Максимов) и, особенно, человека (Хлопин) обладает как-раз обратными свойствами. Наибольшей энергией роста и непритязательностью при культивировании *in vitro* отличается во многих случаях индифферентная мезенхимная или соединительно-тканная бласта; поэтому, при совместном культивировании с другими нормальными тканями, она их часто перерастает и заглушает (Каррель, Фишер); с другой стороны, она может быть в конечном итоге выкультивирована в чистом виде из большей части эмбриональных или взрослых органов. Далее возникает вопрос, можно ли считать самую эксплантационную бласту настолько однородной, чтобы обозначать ее, как это принято делать, чистой культурой какой-нибудь одной клеточной формы. Точных гистологических данных, подтверждающих эту точку зрения, не имеется. Мои наблюдения над человеческой мезенхимной бластемой говорят про-

тив этого, так как в ней постоянно имеются налицо морфологические различия клеточных форм. По ряду соображений я позволяю себе трактовать эти различия как разный уровень дифференцировки мезенхимных элементов в сторону взрослой оседлой соединительно-тканной клетки, т. е. фибробласта (десмоцита). В эксплантационной бласте из сердца куриного зародыша, которая сделалась прототипом всех чистых штаммов, наряду с элементами мезенхимного происхождения, нельзя с уверенностью отрицать присутствия дедифференцированных миобластов (Оливо) и эндотелиальных элементов (Нишибе). При эксплантации кусочков зародышевых органов или тканей взрослых животных, богатых недифференцированным камбием, явления прогрессивной гистобластической дифференцировки (напр. кроветворение) могут наблюдаться в течение ближайших дней после эксплантации или внутри самого эксплантата, или в новообразованной зоне роста. Это явление, повидимому, обусловливается тем, что *in vitro* продолжают некоторое время действовать морфогенетические импульсы, полученные еще до эксплантации. Затем уже приобретает перевес влияние новых условий существования, заставляющих, напр., мезенхимные клетки дифференцироваться преимущественно в сторону соединительно-тканных форм, а уже не кровяных элементов. Продукты гистологической дифференцировки *in vitro*, а также индифферентные бласты, насколько можно судить по имеющимся данным, по своей архитектуре, как правило, заметно уклоняются от тканей нормального организма, т. е. отличаются более или менее значительной атипией. Это объясняется опять-таки особыми условиями существования, т. е., в первую очередь, отсутствием межтканевых коррелятивных связей, имеющих такое огромное значение для целого организма. Кроме того, в культурах наблюдаются и явления клеточной атипии — значительная гипертрофия растущих

клеток, достигающая подчас гигантских размеров, многоядерные плазмодии, amitotическая перешнуровка ядер, атипические митозы и пр. Неудивительно поэтому, что многие картины роста *in vitro* неоднократно сравнивались, именно вследствие их атипичности, с опухолевым ростом. Формальное сходство, но отнюдь не сходство по существу, несомненно имеется налицо, так как опухолевые элементы, растущие в организме, и нормальные тканевые элементы, растущие вне организма, находятся до известной степени в сходных условиях существования: и те и другие не подчинены нормальному и регенеративному, морфологическому и физиологическому плану какого-нибудь органа или целого организма.

Однако, как мы видели выше, как, напр., при эксплантации эмбриональных зачатков, эти условия не всегда бывают выполнены. При сохранении нормальной коррелятивной связи между элементами какого-нибудь эмбрионального зачатка (целой закладки скелета конечности, слуховых пузырьков и т. п.), тканевые элементы этого последнего могут выявлять и настоящие органобластические потенции — в этих случаях мы имеем дело, по крайней мере в течение некоторого времени, уже не с атипичным тканевым ростом, а с развитием, приближающимся к органогенезу, тоже во многих отношениях атипическому.

Нормальной гистологии и эмбриологии приходится все больше и больше считаться с фактами, полученными как методом эксплантации, так и применяющимися к нему другими экспериментальными методами (регенерации, трансплантации, различных тканевых раздражений и т. п.). Все эти новые факты не только значительно углубляют и дополняют наши основные представления в области тканевой и клеточной морфологии, но и неизбежно должны привести, а отчасти уже приводят в настоящее время, к их существенной перестройке.

Литература¹

(Сводки, работы обзорного характера и монографии)

Bisceglie und Juhász-Schäffer. Die Gewebezüchtung *in vitro*. Berlin, Springer, 1928.— Erdmann. Praktikum der Gewebspflege oder Explantation besonders der Gewebezüchtung. Berlin, Springer, 1922.— Она же. Gewebezüchtung. Bethes Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. Berlin, Springer, 1928.— Erdmann und Klee. Kaltblütlergewebe in der Explantation. Abderhaldens Handb. d. biol. Arbeitsmeth., 1927.— Fischer. Gewebezüchtung. 2. Ausg. Müller und Steinicke, 1927.— Он же. Technik der Gewebezüchtung. Abderhaldens Handb. d. biol. Arbeitsmeth., 1927.— Krontowski. Explantation und ihre Ergebnisse für die normale und pathologische Physiologie. Erg. d. Physiol. von Asher-Spiro, 1928.— Он же. Обзор работ по тканевым культурам. Центр. мед. журн., 4, 1929.— Кронтовский и Полев. Метод тканевых культур. Киев, 1917.— Orpel. Explantation, Dückglaskultur, *in vitro* Kultur. Zentralbl. f. Zool., 3, 1913.— Strangeway. Tissue culture in relation to growth and differentiation. Cambridge, 1924.

Сапропели

М. М. Соловьев

На дне многочисленных пресных и соленых озер СССР в течение многих веков отлагались мощные иловые пласты, богатые органическими веществами, так называемые сапропели, или гниющие илы. Они дали начало различного рода каменным углям, торфам, битуминозным сланцам и, повидимому, нефти, а может быть

в значительной мере и другим биолитам — глинам, песчаникам и известнякам. Илы эти продолжают образовываться и сейчас, давая нам возможность наблюдать процессы происхо-

¹ Список оригинальных работ морфологического характера по недостатку места не может быть приведен. (Прим. ред.).

ждения указанных пород. Отсюда — высокая научная ценность сапропелей. Но сапропели могут иметь и промышленное значение. Из них можно добывать ряд технически весьма ценных продуктов.

Наиболее изучены сапропели, возникающие в прохладном и влажном климате севера, в озерных котловинах, характерных для северной зональной полосы СССР. Они охватывают бывшую область оледенения территории нашего Союза и являются до известной степени порождением последнего ледникового периода. Их распространение связано, таким образом, с определенными климатическими и геоморфологическими условиями.

В верхних своих слоях современные сапропели жидки, содержат не менее 95% воды и походят на расплывающийся студень. В более глубоких местах озер илы эти становятся более густыми, напоминая своей консистенцией пастилу. Еще глубже они превращаются в плотные, но все еще легко режущиеся ножом и легко распадающиеся образования, так называемые сапроколлы. Самые нижние донные их слои очень часто сильно минерализованы; подобные сапропелевые отложения, содержащие значительные примеси минеральных частей, носят название сапропелитов. Их считается очень много различных видов, и отдельные современные типы их характерны для целого ряда водоемов. Таковы, например, известковые сапропелиты, встречающиеся в водоемах с богатой питательными веществами известковой водой. Они приущи значительной части северогерманских и шведских озер; у нас к ним, между прочим, относятся отложения некоторых водоемов в окрестностях Ленинграда; липецкий „лечебный торф“ также не что иное, как известковый сапропелит. Другим распространенным видом современных сапропелитов является соединенный рядом переходных форм с известковым сапропелитом — кремнеземистый сапропелит. Обилие в нем кремнезема не-

редко бывает связано с большим количеством кремнеземистых, диатомовых водорослей в водоемах, в которых он отлагается.

Различного типа сапропелевые образования залегают не только в современных озерах. Они находятся и в нижних горизонтах огромной части болот и торфяников, возникших вследствие зарастания древних озер. Первыми членами подобных древних озерных отложений являются плотно-студенистые сапроколловые пески и глины; дальнейшую стадию исчезнувших водоемов могут представлять собой бурно вскипающие со всякими кислотами сапроколловые известняки, за ними следуют имеющие большое практическое значение сапроколлы плотно-желеобразной консистенции, и, наконец, последний этап в жизни бывшего водоема знаменуют сапроколловые торфы.

Главную роль в созидании сапропелей играют обычные растения и животные, свободно взвешенные в толще воды (планктон), причем из растительных планктонных организмов — преимущественно повидимому водоросли. В известные геологические эпохи, однако, например во время ксеротермической (суббореальной) эпохи, к которой относится появление степных растений в наших северных губерниях, максимум распространения ольхи и дубовых смешанных лесов и т. д., сапропели во многих случаях создавались из числа растительных организмов не только водорослями, но в весьма значительной мере и высшей водной растительностью. Это происходило в некоторых озерах, повидимому, благодаря понижению в них во время ксеротермической эпохи уровня воды, вследствие чего береговая растительность надвигалась на глубинные части водоема. При наступлении влажной субатлантической эпохи уровень воды в указанных озерах опять повышался, что приостанавливало процесс распространения высшей растительности и вызывало к жизни снова богатый мир водорослей (В. В. Алабышев).

Среди водорослей особое значение в образовании сапропелей ботаники приписывают синезеленым, пыльное развитие которых в планктоне приводит к так называемому цветению воды (*Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis*, *Gloeotrichia*). В некоторых случаях, однако, сапропелевые пласты образуются синезелеными водорослями не планктонными, а донными. Так, например, донные синезеленые водоросли дают главную массу студнеобразного и киселеобразного сапропеля Белого озера б. Тверской губ., мощностью до 9 метров (М. Д. Залесский). В нижних слоях этих отложений синезеленые водоросли при участии разнообразных групп микроорганизмов быстро разрушаются, оставляя после себя только одну слизистую массу. Такие сапропели дали начало некоторым типам ископаемых горючих, микроскопическое строение которых свидетельствует об их происхождении по преимуществу от синезеленых водорослей. В Мойнакском соляном озере (Крым, Евпатория) донные отложения образуются в результате массового развития только одного вида синезеленых донных водорослей; они развиваются здесь в таких количествах, что на берегах озера лежат выброшенные волнами целые валы их; еще большие скопления наблюдаются в воде, у берегов, где эти массы постепенно отмирают, гниют и превращаются в так называемую „грязь“ (С. М. Вислоух). В значительных количествах донные формы синезеленых водорослей принимают иногда участие в образовании и известковых сапропелитов (Екатерининский пруд Детского Села). Есть даже предположение, что вообще основное вещество сапропеля представляет собой, как правило, продукт разложения синезеленых водорослей (О. В. Троицкая).

Наряду с синезелеными, существенную роль в образовании сапропелей могут играть и некоторые другие группы водорослей, а именно производители первичного жира — диатомовые и зеленые водоросли. Диатомовыми обильны

многие из исследованных сапропелевых водоемов РСФСР (озеро Селигер и др.), причем среди диатомовых особенного развития достигают обычно роды *Melosira* и содержащая масло *Asterionella*.

Из типичных для сапропелевых водоемов зеленых водорослей следует упомянуть о колониальной, содержащей масло водоросли *Bothriococcus braunii*, вызывающей при массовом развитии „цветение воды“ своеобразной коричневатой окраски. Эта водоросль встречается в больших количествах во многих сапропелевых водоемах. Весьма мало минерализованный сапропелит „балхашит“ из Алакульского залива озера Балхаша почти сплошь образован указанной планктонной водорослью (М. Д. Залесский). Другой вид *Bothriococcus* развивается в озерах южной Австралии, создавая в них, по отмирании, также сапропель. Эти, образуемые зелеными водорослями из рода *Bothriococcus*, сапропелевые отложения являются, повидимому, материнскими породами весьма ценных в промышленности углей типа богхеда, получившихся, правда, в результате не вполне чистого сапропелевого процесса (М. Д. Залесский). Из большого количества видов зеленых водорослей, находимых в сапропелевых водоемах, надо выделить еще — как особенно часто в них встречающихся и во множестве размножающихся — представителей родов *Scenedesmus* и *Pediastrum*. Значительная часть их, повидимому, перед тем как войти в состав сапропелей, проходит через кишечник животных.

Об участии животных в образовании сапропелей говорилось уже нами достаточно на страницах этого журнала в статье „О роли животных в илообразовании“ (Природа, 1928, № 12). Для полноты картины мы считаем необходимым вкратце напомнить сказанное нами в упомянутом очерке, дополнив его кое-какими новыми данными и соображениями.

Сапропелеобразателями из животного мира являются главным

образом низшие группы животных, как планктонных, так и донных. В живом состоянии они способствуют возникновению сапропелей прежде всего своими извержениями. Рыбы, личинки насекомых, различные рачки, черви доставляют весьма значительные количества этого материала сапропелевым отложениям. В сильно загрязненных частях некоторых сапропелевых водоемов громадные количества легких, взмучивающих воду извержений выделяет в сапропель малощетинковый червь *Tubifex tubifex*, один из типичнейших организмов так называемой полисапробной среды, в массах иногда в ней развивающийся. Дно водоемов бывает местами покрыто красными пятнами, величиною с медный пятак, а иногда сплошным ковром, цвета крови, из многочисленных колоний этих маленьких, алого цвета, червячков, мерно движущих своими поднятыми вверх хвостовыми частями. Поглощая колоссальные количества детрита, они в высокой степени служат биологическому самоочищению занимаемых ими частей водоема и являются, таким образом, в конечном счете мощными минерализаторами сапропелей.

Исключительно большую роль в сапропелеобразовании среди донных животных играет мотыль—личинка комара из группы *Chironomidae*. Верхние пелогенные слои сапропелей иногда сплошь состоят из червеобразных трубок оливковозеленого цвета, в которых живут эти личинки. Развиваясь массами в поверхностных частях сапропелей, мотыль дает им громадные скопления своих извержений, трупы же мотыля снабжают сапропели значительными количествами протеинов и жиров.

Но не только мотыль—и другие многочисленные и разнообразные жители планктона и донной фауны (корненожки, инфузории, черви, рачки, насекомые и, наконец, рыбы) после смерти своими телами поставляют в сапропель различные органические соединения, жиры и соли и т. д. Точно указать, однако, долю посмертного

участия всех живущих в сапропелевых водоемах организмов в образовании сапропелей сейчас еще нет возможности, ввиду почти полной неразработанности этого весьма сложного вопроса. Особенно трудно сделать это в отношении планктонных организмов. Одно присутствие остатков этих организмов в донных отложениях не свидетельствует еще о том, что органическое вещество их тел непременно послужило образованию сапропелей. Отмершие в верхних слоях воды организмы могут погружаться вследствие разнообразных причин очень медленно и достичь придонного слоя лишь через более или менее продолжительное время. В таком случае, как органическое, так и неорганическое вещество их тел может израсходоваться еще до опускания стойких частей их организмов на дно. То же случается, когда тела погибших организмов в толще воды пожираются другими живыми организмами.

Таким образом, учитывая значение планктонных организмов для образования отложений сапропеля, следует всегда иметь в виду возможность потери входящих в состав их тел веществ еще до погружения их в пелоген сапропелей (В. М. Рылов и Б. В. Перфильев). При незначительной глубине залегания поверхностных донных слоев в наиболее типичных сапропелевых водоемах эта потеря, вероятно, не так велика, как в водоемах глубоких.

В весеннее время, после вскрытия льда, в сапропелевых водоемах наблюдаются иногда своеобразные перемещения и биологические изменения отдельных участков пелогенных слоев сапропелей. В этот период определенного биологического самоочищения водоемов от поверхностных слоев сапропелей отделяются различной величины пленки, всплывающие на поверхность воды. Они состоят преимущественно из колоний водорослей, в большинстве случаев синезеленых, которые перезимовывают на дне озер, к весне же поднимаются вверх для дальнейшего роста и деления. Боль-

шие количества кислорода, выделяемые ими (кислород этот и подымает их вверх), собираются в этих растительных сообществах и привлекают к ним различных животных, не могущих жить в среде с небольшим содержанием кислорода, — так называемых олигосапробов. По мере передвижения по поверхности или в верхних слоях воды эти оригинальные „оазисы“ заполняются, с одной стороны, все новыми и новыми жителями, с другой стороны, извержениями и трупами собственных их обитателей и таким образом мало-по-малу существенно меняют свою биологическую физиономию, превращаясь в сообщества, характерные уже для все менее и менее чистой среды — мезосапробные и даже полисапробные. В таком новом виде одни из них опускаются на дно, иногда далеко от места своего поднятия, другие прибывают к берегу, третьи выбрасываются волнами на берег, образуя здесь на суше большие скопления ссохшихся глыб и валов.

При ознакомлении с составом и жизнью как этих, так и всех других биоценозов, характерных для сапропелевых водоемов, нельзя в целях установления генетических связей их с различными видами биогенных горючих пород ограничиваться только морфологическим и биологическим их изучением. Необходимо, помимо этого, систематическое определение химического состава как главнейших сообществ изучаемого водоема в целом, так и сапропелеобразователей, наиболее распространенных в этих сообществах. Только таким путем можно проследить биогенную миграцию элементов, входящих в состав планктона, в придонные сапропелевые отложения. Интересны, между прочим, для разрешения этого вопроса результаты, добытые биохимическим анализом планктона и воды одного из водоемов окрестностей Ленинграда, именно Екатерининского пруда Детского Села. Здесь обнаружено большое значение фосфора для развития жизни

в водоеме и, в частности, в планктоне, при очень незначительном количестве фосфора в сапропелите. Повидимому, мертвый планктон, падая на дно, освобождается, на некоторой глубине, еще в толще воды, от известного количества этого элемента под влиянием жизнедеятельности бактерий (А. П. Виноградов).

Выяснение роли бактерий в образовании сапропелей представляет собою вообще одну из самых первостепенных, но и наиболее сложных задач учения о сапропелях. Белки, углеводы, клетчатка и прочий органический материал, служащий образованию сапропелей, подвергается воздействию различных физиологических групп бактерий, вызывающих в них разнообразные биохимические превращения.

Часто наблюдаются в пелогене бактерии аэробного разложения клетчатки. Необходимый для них кислород обеспечивается зелеными водорослями, находящимися в поверхностных слоях сапропелей.

Среди анаэробных встречаются гнилостные бактерии, разлагающие белки, анаэробные бактерии масляно-кислого брожения, из которых одна очень обычна в пелогене, и анаэробные бактерии, возбуждающие брожение так называемых пектиновых веществ — студенистых или слизистых смесей, производных углеводов различной сложности.

На незначительную глубину в сапропели проникают денитрифицирующие бактерии, далее бактерии, вызывающие биологический процесс окисления серы и ее соединений, и, наконец, серобактерии. Таким образом, наиболее активным слоем в биохимическом отношении оказывается поверхностный слой сапропеля — пелоген. В нем широко распространены бактерии, вызывающие самые разнообразные процессы, как аэробные, так и подготовленные ими анаэробные.

С глубиной, а следовательно и с возрастом отложений, число физиологических групп бактерий обычно постепенно уменьшается, и такое

явление наблюдается не только в отношении аэробных, но и анаэробных физиологических групп бактерий (Л. Д. Штурм).¹ Отсюда приходится предположить, что преимущественно в верхних слоях сапропелей происходят те биохимические процессы, которые генетически связывают сапропели с различными горючими полезными ископаемыми. Особенно заслуживает внимания в этом отношении значительное распространение в сапропелевых отложениях процессов аэробного разложения клетчатки. Указанные процессы приводят к превращению ее в повидимому трудно изменяемый коллоид (Гетчинсон и Виноградский). Это обстоятельство может послужить выяснению вопроса об образовании углей и в частности, вероятно, указывает на неправильность теории Франца Фишера и Шрадера, по которой клетчатка растений сбраживается целиком с образованием газообразных продуктов, а уголь образуется исключительно за счет лигнина.

В настоящее время считается твердо установленным биогенное, так сказать сапропелевое, происхождение многочисленного ряда горючих ископаемых. Кроме упомянутых выше богеходов или торбанитов, исходным материалом которых послужили названные уже раньше виды зеленых водорослей, нам известен ряд других углей, возникших, как предполагают теперь, в результате сапропелевого процесса. Такими, например, являются высокоценные сапропелевые угли Кузнецкого каменноугольного бассейна в Сибири, имеющего огромное значение для сибирской промышленности: касьянит, составленный в главной основе своей из планктона, в котором, однако, встречаются и более или менее сохра-

нившие свое строение водоросли; то мит; представляющий собой, повидимому, затвердевшую слизь осмолившихся бурых водорослей, перешедшую в смолокамень, и черем хит, в котором, правда, кроме материала, отложившегося на месте, встречается и принесенный извне, а именно, перемытый торф берегов (М. Д. Залесский).

Исходным органическим материалом многих горючих сланцев, как стало известным теперь, также являются водные растительные и животные организмы, органическое вещество которых путем битуминизации послужило образованию этих пород. В качестве примера такого сланца можно привести кукерсит б. Ленинградской губернии, вещество, легко загорающееся на спичке с выделением большого количества углеводородов; затем приволжские сланцы и др.

Близко родственная битуминозным горючим сланцам нефть считается в настоящее время также предположительно биогенным образованием, генетически связанным с сапропелевыми отложениями. Последние представляют собою, повидимому, одну из промежуточных стадий природного нефтеобразования.

В связи с этим, изучение сапропелей, возможно, послужит в значительной степени к выяснению чрезвычайно интересного вопроса о происхождении нефти. Но решением этой задачи далеко не исчерпывается еще значение исследования сапропелей в нефтяной проблеме. Более насущную практическую ценность приобретает сейчас возможность получения из сапропелей ряда предельных углеводородов, добываемых из нефти, другими словами, возможность при помощи сапропелей создания искусственной синтетической нефти. В наше время, когда человечеству угрожает примерно через каких-нибудь сто лет едва ли не полное исчерпание этого жидкого топлива, колоссальные запасы сапропелей приобретают исключительную ценность в качестве новых источников жидкого топлива. А что такие

¹ Правда, надо сейчас же оговориться, что наблюдалась повышенная биохимическая активность и в нижних слоях сапропелей в том случае, когда они лежали на песчаных отложениях, пропитанных грунтовыми водами. Повидимому, последние и создали здесь условия, более благоприятные для жизнедеятельности бактерий (Л. Д. Штурм).

жидкие топливные ресурсы потенциально содержатся в сапропелях, свидетельствует хотя бы следующее. Пользуясь методом Бергиуса, а именно расщепляя углеродистые вещества при высокой температуре и под большим давлением водорода, химик почти нацело превращает упоминавшийся выше сапропелит, балхашит, в легко летучие углеводороды, могущие быть употребленными для двигателей внутреннего сгорания (Н. А. Орлов). Такие же предельные и нафтеновые углеводороды, наряду с коксом, получают и при бергенизации толполовского и шуваловского сапроколов (Б. К. Климов).

Сапропелевые образования при надлежащей обработке дают еще ряд других весьма важных для техники веществ, а именно, высокосортные парафины, легко извлекаемые, высокоценные воски, кабель-лаки, смазочные масла, уксусную кислоту, древесный спирт¹ и другие продукты, которые могли бы быть использованы промышленностью Союза. Помимо значительных количеств углеродистых соединений (75%) с очень высоким содержанием углерода (С 70.85%, Н 10—12%), в типичных сапропелях особенно ценно исключительно богатое содержание азота (от 1.5 до 3.5%), больше, чем в торфах и сланцах. Азот этот при сухой перегонке с перегретым паром может входить в подсмольную воду в количестве до 60% от первоначального содержания в сухом сапропеле. Значительную часть его, являющуюся в виде аммиака, возможно использовать для получения азотной кислоты, необходимой для добычи всяких взрывчатых веществ. Тот же азот может служить для получения желтой кровяной соли (Б. К. Климов).

Нельзя не упомянуть при перечислении различных возможностей практического применения сапропелей и о различных лечебных грязях, пред-

ставляющих собой по существу определенные типы сапропелитов, так же как и о вероятности сельскохозяйственного применения некоторых сапропелей в качестве удобрительного материала. Наконец, в случае удачного разрешения вопроса об обезвоживании сапропелей, они, повидимому, непосредственно могут стать топливным материалом.

Вопрос о добыче сапропелей для заводских целей и о заводской его обработке находится еще в периоде первоначального изучения, но уже сейчас мы обладаем некоторыми, весьма ценными указаниями относительно рациональных и доходных методов его использования с практическими целями. Очень полезный опыт дала нам в этом смысле работа небольшого сапропелевого завода на болоте Самара, вблизи ст. Осташково Бологовско-Полоцкой ж. д.

Добыча и сушка сапропелей производилась там следующим образом. Масса сапропелевых отложений размывалась очень сильной струей воды в 15 атмосфер давления из специально устроенных брандспойтов, засасывалась особыми насосами и по трубам подавалась на поля сушки (метод Гидроторфа). Разлитый по суходолу сапропель отстаивался на площадях, разделенных канавками и окруженных валиками из вынудой из канавок земли. Отстоявшаяся через короткое время вода спускалась в канавки, а осевшая масса сапропеля начинала постепенно терять оставшуюся влагу.

Через 4—5 дней сапропель можно уже было формовать, а через 10—12 дней кирпичи сапропеля брались свободно руками. Тогда их переносили в помещение для дальнейшей сушки (до 20%), которая заканчивалась через 4¹/₂—5 недель. Достигнутые таким способом результаты, по мнению компетентных специалистов, вполне удачно разрешают в целом сапропелевую проблему с технической точки зрения. В дальнейшем остается лишь усовершенствовать и удешевить процессы работы (Б. В. Цванцигер).

¹ Если только парафин и два последних вещества не образуются на счет торфа, обыкновенно сопутствующего сапроколовым болотам и трудно отделимого от сапроколов.

В настоящее время необходимо произвести точный учет всех месторождений сапропелей в СССР, подробно с физико-географической точки зрения изучить районы распространения сапропелевых и сапропелитовых отложений и тщательно подсчитать их количества. Следует надлежаще широко поставить исследование химических веществ, которые могут получиться из разных типов сапропелей, обеспечив эту работу должными материальными средствами и, прежде всего, необходимым научным оборудованием. Надлежит про-

должать определение состава биологических компонентов современных сапропелевых отложений для выяснения наиболее благоприятных условий их возникновения и дальнейшего установления их генетической связи с рядом горючих ископаемых. Только такое всестороннее, как теоретическое, так и практическое, изучение сапропелей даст возможность разрешить сложную проблему сапропелей, в частности же выяснит вопрос о промышленной разработке сапропелей и, между прочим, о добыче из них продуктов, ныне получаемых из нефти.

Горная Хибинская станция „Тьетта“¹

Акад. А. Е. Ферсман

Идея организации постоянной научной станции в Хибинских Тундрах возникла у нас еще тогда, когда апатит не получил своего признания и когда мы, увлеченные научными перспективами и красотами этого горного края, хотели сделать его центром научного туризма, создать временную летнюю базу для отдельных отрядов и, разбросав в разных частях труднодоступных перевалов, долин и плато простые убежища-хижины, создать условия для широкого научного освещения Хибинских и Ловозерских Тундр. С тех пор (с 1923 года) многое изменилось; грандиозные масштабы залежей апатита вызвали постройку железной дороги в самый центр Хибин, забелели полосы новых шоссе дорог там, где были лишь намеки на оленьи тропы, уже составляются планы колонизации отдельных участков и организации советских хозяйств на берегах Кунъявра и в низовьях р. Тульи; наконец, на берегу Большого Вудъявра сейчас уже строится первый социалистический город, рассчитанный на 25 — 30 тысяч жителей. Эти новые и несколько неожиданные темпы заставили нас коренным образом изменить наши предположения и в центре Хибинских Тундр создавать не случайное летнее помещение, а настоящую исследовательскую станцию, которая целиком могла бы ответить на все многочисленные запросы нового промышленного и хозяйственного строительства.

Место для этой станции нами было выбрано в центральном районе Хибин, на север от Б. Вудъявра, как показано на прилагаемой карточке (фиг. 1), причем наша станция расположена в 6 км на север от конечного пункта апатитового пояса, около городка Хибиногорска, куда будут доходить пассажирские поезда.¹ Отсюда путь к станции через болота и реки ведет сначала к прекрасным ягельным полям, затем к лесистому ущелью р. Малой Белой, которая прорезывает высокую морену (см. с нее панорамный снимок, табл. I, 1). Дальше дорога вновь спускается к реке, пересекает ее живописным мостом и снова через сухие каменистые ягельные поля подходит к крутому склону Поачвумкорра, на сухой площадке у подошвы которого расположена станция. До сентября 1930 года сообщение со станцией поддерживалось по тяжелой вьючной тропе, по которой с трудом протаскивались телеги с грузом, но в конце августа Колонизационным отделом Мурманской жел. дор. была закончена превосходная автомобильная дорога, открывающая дивные виды на хибинские ландшафты.

Зимой текущего года выяснилось, что к лету нам не удастся построить здесь настоящего большого дома станции, а между тем уже в июне она должна была начать функционировать и служить базой для 20 — 25 отрядов с 80 — 100 научными исследователями. Поэтому было решено, отложив до осени доставку материала для постройки большого основного дома, доставить срочно по насту стандартный складной

¹ Ср. мою статью „Проблемы Хибинских и Ловозерских Тундр“ (Природа, № 5, 1929, стр. 379). См. также „Апатитофелиновая проблема Хибинских Тундр“. (Материалы по химиз. народного хозяйства, V, 1929, стр. 84 и след.).

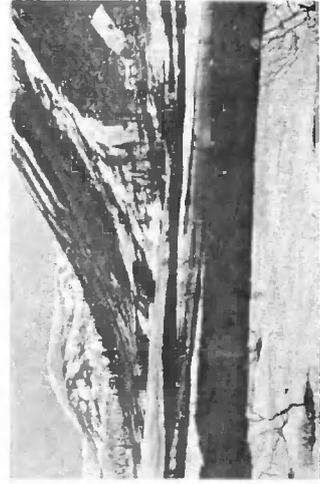
¹ Грузовое движение будет идти дальше, вплоть до самых апатитовых разработок.



1.— Панорама центрального района Хибин. Слева—наружное кольцо гор; на крайней левой—Вудъяврчорр; далее—Ущелье Географов и длинное плато Тахтарвумчорра. На середине—замерзшее оз. М. Вудъявр. Правее—нос Познавумчорра, причем стрелка показывает место горной станции „Тигетта“. Направо вдали — главное плато Кукисвумчорра, отделенное меридиональной долиной Кукисвум.
(Фот. А. Е. Ферсмана, 16 июня 1930 г.).



2.— В марте на санях в горы; перед снежным ураганом. (Фот. А. Е. Ферсмана).



3.— В середине июня около горной станции; озеро во льду. (Фот. А. Е. Ферсмана).

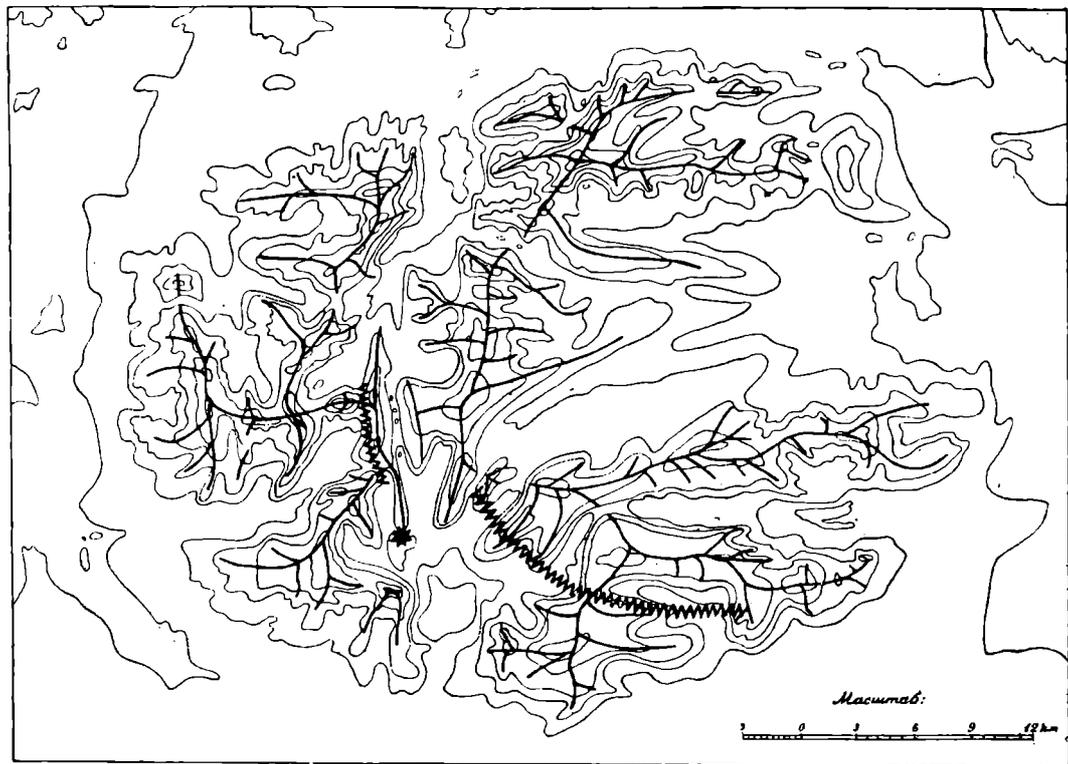


4.— В апреле в горы на тракторе; солнечный морозный день (-29° Ц). (Фот. А. Е. Ферсмана).

дом с необходимыми для него материалами. На 200 оленях было перевезено около 7000—8000 пудов (около 120 тонн) грузов и выгружено на снег в месте, указанном нашими хибинскими работниками Лабунцовым, Гутковой и Кесслер, которые на лыжах в самую пургу прошли к М. Вудьявру.

Когда 16 июня через еще нестаявшие снега мы подошли к Поачвумчорру, то мы увидели

бины, Имандра. Особенно замаячива прокладка тропы через совершенно исключительное по грандиозности ущелье Рамзая, которое отстоит от станции всего на 5—6 км, а за ним только 20 км долины отделяют нас от хибинских опытных полей, у железнодорожной станции Хибинь. Весьма доступно у нас основное плато Кукисвумчорра с его замечательными жилами редких минералов: всего лишь 4 часа пути по „Длин-



Фиг. 1. Схематическая орографическая карта Хибинских Тундр (по И. Н. Гладыну). Звездочка намечает положение станции; извилистая линия—обе полосы апатитовых пород.

прекрасный дом, с хорошей толевой крышей, даже с надписями над дверьми отдельных комнат; этот дом в будущем превратится в дом для приема экскурсий, когда к весне будущего (1931) года будет отстроено главное здание станции с ее лабораториями.

Сейчас мы все более и более убеждаемся, что место для станции выбрано весьма удачно: она находится в центре массивов, и основные районы Тундр легко доступны из нее для работы. До новой железнодорожной станции Вудьявр и города Хибиногорска около 10 км, до рудника № 1 на Кукисвумчорре 8 км; из нашей станции через три перевала можно непосредственно пройти к трем главнейшим станциям мурманской магистрали—Апатиты, Хи-

ной долине* (по-лопарски „Кукис-вум“) до названного Куплетским в 1929 г. „минералогическим раем“ небольшого хребтика, в многочисленных жилах которого найдены почти все диковинные минералы Хибин. Основные типы озер Тундр лежат под боком у станции, ягельные поля, своеобразные типы болот, великолепные леса в защищенном ущелье—все это легко доступно от нашей станции. То, что давалось в прошлые годы с таким трудом, сейчас достигается с легкостью, экспедиционный метод работы с его недостатками—беглостью и быстротой или даже случайностью наблюдений—начинает заменяться стационарным. Мы переходим к совершенно естественному и необходимому процессу вдумчивого, детального изучения

отдельных явлений, изучения их во времени и в пространстве, в природной диалектике процессов изменения и превращения.

Каковы же основные задачи нашей горной станции?

Как сказано было в заглавии настоящей заметки, мы называем нашу научную станцию лопарским словом „Тьетта“ не только для того, чтобы отличить ее от одноименных станций — железнодорожной станции Хибинны и Хибинской сельскохозяйственной станции, но и потому, что это лопарское слово прекрасно передает назначение станции, ибо оно обозначает „наука, знание, школа“. Действительная задача нашей станции тройная — она должна обслужи-



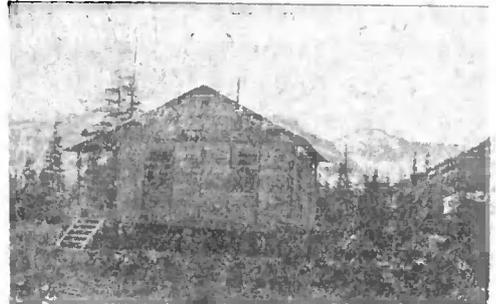
Фиг. 2. Здание горной станции в момент постройки (Фот. А. Е. Ферсмана).

вать науку, теоретическую научную мысль, давать конкретное и точное знание для хозяйства и промышленности и, наконец, она должна явиться школой для приезжающих экскурсий, давать приют и направлять их в горы.

Наша горная станция Академии Наук поэтому не замыкается в узкие задачи изучения недр и их использования в горных районах Кольского полуострова, она должна явиться широким учреждением для всестороннего географического, геохимического и экономического изучения всех областей, прилегающих к Хибиногорск.

Широкое использование производительных сил края и их выяснение может быть достигнуто лишь планомерной стационарной ра-

ботой, которая должна лечь целиком на станцию. Здесь должны быть в первую очередь сосредоточены метеорологические наблюдения, имеющие особое значение зимой: в период буранов станция должна вести постоянные наблюдения над снежным покровом, гидрологическим режимом вод, озер и рек. Здесь должна быть простая, но достаточная по оборудованию химическая лаборатория для геохимических и гидрохимических испытаний; здесь необходимо организовать помощь фотографической работе, путем создания специальной мастерской; необходима справочная библиотека, музей для экскурсий, помещение для разборки коллекций, обработки образцов и их подготовки.



Фиг. 3. Ближайшая почта и телеграф на апатитовом руднике. (Фот. А. Е. Ферсмана в июне 1930 г.).

Особый интерес и значение представляет изучение явлений морозного выветривания, горных обвалов, осыпей, их движения, ледяных цветов и т. д. Огромные проблемы научного и хозяйственного освоения всей территории уже ежедневно поднимают новые вопросы и ставят „Тьетте“ новые задачи. Только опираясь на широкие кадры исследовательской молодежи можно будет правильно поставить работу станции в ее широких задачах.

У нас это первое горное исследовательское учреждение в Союзе, и мы надеемся, что оно сыграет свою роль в разрешении тех больших хозяйственных и научных проблем, которые стоят перед советским Севером.

Научные новости и заметки

ФИЗИКА

Фотоэлектрометаллургия. Современные методы обогащения минералов вообще, руд, металлов и металлургических продуктов используют для своей цели различия удельных весов, электрических и магнитных свойств, растворимости, смачиваемости, поверхностного натяжения, наконец просто различие в крошащейся

способности. Под приведенным в заголовке названием недавно предложен еще один способ обогащения, основывающийся на таких в первую голову бросающихся в глаза качествах, как блеск и цвет. Осуществляется это отделение при помощи занявших за последние полтора десятка лет столь видное место фотоэлементов. Это могучее орудие современной науки, как чистой, так и прикладной, работает без инер-

ции со скоростью света, что сделало возможным современное звуковое кино, в нашем же случае также позволяет столь же быстро причину—блеснущую частицу—связать со следствием—направлением ее, куда надлежит.

Аппарат таким образом чрезвычайно прост: небольшой конвейер, подающий обогащаемую смесь в поле освещающей лампы, отраженный же свет попадает в калиево-водородный фотозлемент, замыкающий релэ, вводящее в действие соленой со всасывающей вакуумтрубкой, захватывающей отделяемый компонент смеси.

Однако, раньше чем пустить этот аппарат в ход, пришлось составить таблицу значений используемых свойств, хорошо известных, но до сих пор не выражавшихся количественно. На первых порах эти относительные показатели отражательной способности пришлось выразить просто в единицах нашего аппарата, т. е. они представляют собою в миллиамперах силу тока, возникавшего в релэ при определенной степени размола обогащаемого материала. Для 38 обычных материалов получилась такая таблица:

Материал	Коефициент миллиампер	Материал	Коефициент миллиампер
Черное сукно . . .	0.0		
Турмалин . . .	5.7	Пирит . . .	24.0
Медь . . .	6.2	Халкоцит . . .	24.1
Гранат . . .	8.6	Серебро . . .	24.1
Грюнерит . . .	8.8	Пренит . . .	24.4
Псиломелан . . .	9.5	Графит . . .	24.7
Эпидот . . .	10.4	Кварц . . .	24.9
Гаусманит . . .	10.4	Доломит(роз- зовый) . . .	24.9
Магнетит . . .	13.6	Эденит . . .	24.9
Серпентин . . .	16.5	Домейкит . . .	25.0
Пирролюзит . . .	17.3	Корунд . . .	25.0
Пирротит . . .	18.2	Кианит . . .	25.1
Свинцовый блеск . . .	18.2	Флуорит . . .	25.2
Арсенопирит . . .	19.6	Доломит(бе- лый) . . .	25.4
Борнит . . .	20.2	Кальцит . . .	25.4
Манганит . . .	21.5	Микроклия . . .	25.4
Энергит . . .	21.7	Барит . . .	25.6
Сфалерит . . .	22.1	Известняк . . .	25.6
Халкопирит . . .	22.8	Тальк . . .	25.7
Апатит . . .	23.7	Гипс . . .	25.8

Эта таблица послужила исходной для целой серии опытов, имевших задачей на основании поведения десяти образцов ото всей шкалы получить кривые сил, тока, напряжения, освещения и проч., но уже безлого просмотра таблицы достаточно, чтобы убедиться в том, что новый метод должен специально оправдать себя в случае, например, металлических меди и серебра. Как-раз такой случай представился в практике разработок самородной меди в штате Мичиган. Результатом механического обогащения здесь являются зернышки меди, в которые

вкраплены и зерна металлического серебра. Последних, однако, настолько мало, что, при современном падении цен на серебро, оказался невыгоден даже практиковавшийся прежде электролитический метод выделения серебра. Новый способ уже на первых порах позволил в обогащенной смеси иметь отношение металлов 1:10 против 1:100 в исходных материалах. Применение же цветных фильтров и мокрого „зачернения“ меди, но не серебра (азотной кислотой или перекисью водорода) повысило этот коэффициент еще более.

Второй пример еще более практический: на металлообрабатывающих заводах всегда громадное количество разных отходов: стружек и обрезков латуни вперемежку с баббитом. Цена последнего, однакож, в три раза превышает цену первого. Пирометаллургические процессы—в силу образования твердых растворов—позволяют получить обратно лишь 10% баббита. Прямая попытка применения нового метода также не удалась, в виду совершенной почти тождественности показателей отражения, но стоило лишь смесь металлов обработать сероводородной водой, подействовавшей на латунь, но не изменившей баббита, чтобы сразу получился требуемый эффект.

В этой чрезвычайной чувствительности к таким невинным эффектам—особенно обещающая сторона нового метода.

Очень хорошие результаты уже получены далее в разделении малахита от лазурита, плавикового шпата от кремнекислоты, наконец, в таком простом, но огромном по масштабу случае, как очистка каменной соли от темных включений, незначительных по числу, но крайне понижающих цену продукта. В этом последнем случае пришлось заняться, во-первых, изменением всей установки на работу в обратном порядке—удаления менее блестящих частиц, во-вторых, в связи с этим, ленту конвейера пришлось окрасить в блестящий белый цвет, ибо чрезвычайно прозрачные кристаллы оказались почти не отражающими, а только пропускающими свет. (Ind. Eng. Chem., XXII, 153, 1930).

H. B.

ХИМИЯ

Благородные металлы в химической промышленности. Большое и разнообразное применение, которое получили за последнее время благородные металлы в химической технологии и прочих отраслях промышленности, позволило весьма подробно изучить их свойства, в особенности в отношении разъедающих агентов, обуславливающих износ и коррозию металлов, и оценить соответственные свойства до некоторой степени количественно. Результаты для шести платиновых металлов и золота (к этой группе, возможно, придется присоединить еще рений) сведены в нижеследующую таблицу, в которой цифрой 1 отмечена нечувствительность металла к данному реагенту,

2 обозначает слабое воздействие последнего, при 3 эффект уже значителен, 4-мя же обозначена растворимость в данном реагенте.

Таблица 1

Вещество	Состояние	Платина	Палладий	Иридий	Родий	Осмий	Рутений	Золото
Серная кислота конц.	на холоду	1	1	1	1	1	1	1
Серная кислота конц.	горячая	2	3	1	1	1	1	1
Соляная кислота конц.	на холоду	1	1	1	1	1	1	1
Соляная кислота конц.	горячая	1	1	1	1	1	1	1
Азотная кислота конц.	на холоду	1	3	1	1	1	1	1
Азотная кислота конц.	горячая	1	4	1	1	1	1	1
Царская водка конц.	на холоду	4	4	1	1	1	1	4
Царская водка конц.	горячая	4	4	1	2	1	1	4
Плавиковая кислота (HF)		1	1	1	1	1	1	1
Едкий натр (NaOH)	расплав.	2	1	1	2	3	2	1
Перекись натрия (Na ₂ O ₂)	"	4	4	3	2	3	3	4
Сода (Na ₂ CO ₃)	"	2	1	1	2	2	1	1
Кислая сернокислая соль (KHSO ₄)	"	2	2	1	3	2	1	1
Азотно-кислые щелочи	"	1	3	1	1	4	1	1
Цианистые щелочи	"	2	2	1	1	1	1	4
Итого		29	35	17	21	24	18	27

Суммируя эти „штрафные очки“ коррозии (разъедания) главнейшими химическими реагентами, мы получаем для каждого металла некоторый численный показатель, определяющий его относительное благородство. Таким образом самым благородным металлом оказывается иридий, у которого соответствующий коэффициент лишь в одном случае не равен единице. На последнее место таблица выносит палладий, чего, впрочем, и должно было ожидать хотя бы исходя из факта растворимости его уже в чистой азотной кислоте. Предпоследнее же место (далее даже золота) заняла платина. И в самом деле, как много все же предосторожностей (о чем смотри соответствующие страницы в курсах количественного анализа либо в каталоге нашего московского платинового завода) должно соблюдать при работе с платиной хотя

бы в лаборатории. И наоборот, выпускаемые сейчас одною лондонскою фирмою иридиевые тигли являются для химика—оставляя в стороне вопросы стоимости—почти абсолютным материалом, позволяющим, помимо обычных скингов, вести также прокалку фосфатов, силикатов, нитратов, угля, работать в них с крепкою царскою водкою, словом вести все почти операции, которые противопоказываются для платиновых сосудов и определенно ведут к порче и гибели последних.

И все же доминирующее положение в области благородных металлов принадлежит платине отнюдь не в силу только больших ее количеств в сравнении с прочими членами благородного семейства. Два существенных момента благоприятствуют этому. Основным является исключительная нечувствительность платины к главному агенту коррозии в земных условиях—атмосферному кислороду—при самых высоких температурах. Во всем семействе это—исключительное свойство платины и родия. Собственно говоря, и оба эти металла дают окислы, но температурный интервал существования этих окислов узок, и с дальнейшим повышением температуры они быстро снова распадаются без потери металла. Подобным же свойством обладает, правда, и палладий, но это образование преходящего окисла у него наблюдается слишком рано—при 600°, так что хотя этот окисел и разрушается при более высоких температурах, все же работать он мешает. У прочих же металлов семейства это образование окислов сопровождается и одновременным улетучиванием, хотя опять-таки у иридия и здесь существенная особенность: образование окисла при высоких температурах у него имеет место дважды, причем первоначально образующийся окисел обладает свойствами платинового, т. е. вновь распадается без потери металла, так что до 1100° иридий и лишь при дальнейшем повышении температуры начинает улетучиваться подобно осмию и рутению.¹ Другим благоприятным моментом будет то обстоятельство, что прибавления к платине немногих процентов других благородных металлов бывает достаточно, чтобы получившийся платиновый сплав почти полностью приобрел преимущественные свойства второго компонента. Так, уже 10%-ная прибавка иридия очень значительно притупляет растворимость платины в царской водке, 30%-ная же сплав (так наз. „твердая платина“) уже так же нечувствителен к царской водке, как сам чистый иридий. Еще более замечательно происходящее

¹ Вот интересная, восходящая еще к Круксу, таблица летучести (путем образования окислов) благородных металлов:

осмий	1000
рутений	200
иридий	60
палладий	6
платина	2
родий	1

при этом увеличение механической прочности платины, как то показывает следующая маленькая таблица:

% иридия	5	10	15	20	25	30	35
сопротивление разрыву в кг/мм ²	40	49	66	82	99	114	127

Крайне редко встречающийся родий обладает в отношении атмосферного кислорода еще более совершенную стойкостью, что он переносит и на сплавы свои с платиной. В Америке сейчас такая 3,5% добавка родия является обязательно к лабораторной платине, т. е. главным образом для тиглей и чашек, ибо считается, что от этого летучесть платины, вообще малая, уменьшается еще более, но кроме того и вообще повышается химическая стойкость материала; 10%-ный же сплав платины с родием является сейчас исключительным и единственным материалом, позволяющим конструировать обмоточные печи сопротивления для температур выше 1100°. Помимо указанного уменьшения летучести здесь выступают и еще два чрезвычайно существенных обстоятельства: увеличение удельного сопротивления, такой проволоки, но главное — уменьшение скорости кристаллизации проволоки, этого наибольшего врага всякого металла, работающего при высоких температурах.

Остается добавить, что таким же образом при помощи осмия достигаются поразительные эффекты в твердости (наконечники „вечных“ перьев), и то же относится к рутению. Наоборот, менее благородный палладий может служить для „разбавления“ платины в количестве до 25% без ущерба для свойств последней. Наконец, взглянув на таблицу 1, мы увидим, что и золотом можно излечить слабое место платины в отношении серной кислоты: действительно, такая добавка золота в платину существенно удлиняет жизнь еще и до сих пор кое-где сохранившихся платиновых котлов для упаривания серной кислоты. Совершенно так же, в согласии с таблицей 1, сплавы с золотом существенно излечивают слабость платины в отношении еще целого ряда веществ: соды как едкой, так и углекислой, далее — нитратов и бисульфатов, но, конечно, не цианистых солей. (Chem. Fabrik, № 7, 1930).

Цезий, рубидий и литий. Этим трем элементам посвящен последний информационный бюллетень-циркуляр Американского геологического комитета (U. S. Bureau of mines). Как химические, так и физические свойства этих трех элементов лучше всего рассматривать в сопоставлении с обычными представителями щелочной группы — калием и натрием, и мы тогда получаем замечательную по исключительной правильности градацию этих свойств в функции от атомного веса. Все пять элементов в виде простых тел представляют собою серебристо-белые металлы, настолько мягкие, что все легко режутся ножом. На воздухе они тотчас тускнеют

и все разлагают воду при обычной температуре. Наинизшая же температура, при которой еще наблюдается эта реакция металла с водою, будет — 98° для натрия, — 105° для калия, — 108° для рубидия и — 116° для цезия. В том же порядке растет и вообще химическая активность этих элементов. У всех чрезвычайно ярко выражено сродство к кислороду, но в то время как цезий и рубидий вспыхивают сами собою в совершенно сухом кислороде, у калия и натрия это сродство несколько притуплено, и потому калий и натрий можно сохранять просто в несодержащих кислород жидкостях, как безводный эфир, керосин и т. п., металлические же цезий и рубидий приходится держать в возможно лучшем вакууме.

До сих пор не имеется точных данных в отношении удельных весов этих металлов, ибо приготовить их в совершенно чистом виде — задача весьма затруднительная. Все они, однако, исключительно легки и, следовательно, обладают чрезвычайно большим атомным объемом. В частности литий обладает удельным весом, лишь немногим превышающим половину, и является самым легким из твердых при обычной температуре элементов. Но зато он единственный в этой пятерке, обладающий температурой плавления выше точки кипения воды, и даже значительно (+ 180°).

Окиси и гидроокиси этих металлов резко щелочны. Физические свойства солей — растворимость, молекулярный объем, оптические постоянные, точно так же форма кристалла, — как отмечено, представляют чрезвычайно закономерную последовательность в порядке возрастающих атомных весов. Соли — нитраты, хлориды, сульфиды, сульфаты, фосфаты, карбонаты — все очень растворимы в воде. Но соли лития — в особенности фосфорная и углекислая и фтористая — уже значительно менее растворимы, чем соответственные соли других щелочных металлов, и в этом отношении — согласно правилу косых диагоналей менделеевского закона — литий представляет собою до некоторой степени переходное звено между типическими представителями щелочной группы элементов и элементами щелочноземельными — группы кальция (в особенности аналогии CaF₂—LiF). Для сернокислых щелочей, как известно, весьма характерным является ряд совершенно изоморфных двойных алюминиевых солей — квасцов. И в этом ряду квасцов — отношения растворимости уже обратны, именно, в то время как рубидиевые и цезиевые квасцы сравнительно столь мало растворимы, что могут даже служить для отделения этих элементов от калия и натрия, — у литиевых квасцов эта растворимость так высока, что из водного раствора выкристаллизовать их совершенно невозможно. Подобный же ход растворимости дают хлороплатинаты; в аналитической химии даже представляется возможным разбить группу щелочей на 2 подгруппы, разделяемые методом осаждения в виде хлороплатината калия, рубидия и цезия. Вторую растворимую подгруппу составят натрий с литием.

Хотя вообще содержащие цезий, рубидий и литий минералы весьма часты в природе, определенные минералы с определенным месторождением очень немногочисленны. Большинство таких минералов содержит по крайней мере следы, но всех трех элементов. Сравнительно богатым литием минералов большое число, но пока известен лишь один, определенно и в значительном количестве содержащий элемент цезий, — это поллукс. Определенно рубидиевых же минералов до сих пор неизвестно ни одного, и источником рубидия обычно является литиевый минерал — лепидолит, в котором рубидия бывает от следов до 3% при всегдашней доле Cs_2O . Некоторые сведения указывают, что риджит Урала возможно явится таким специфическим рубидиевым минералом.

Тот же лепидолит является главным источником и лития наряду с амблигонитом и сподуменом. Правда, имеются минералы с еще большим процентным содержанием лития и весьма интересным химическим составом, как петалит ($\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$), трифилит (LiFePO_4), литиофилит (LiMnPO_4), но залежи их в природе так незначительны, что рассматриваться как источник для получения этих элементов они не могут. Все эти минералы встречаются в пегматитовых жилах. Кроме того значительные количества (до 90%) лития были обнаруживаемы иногда, например, в мусковитовой слюде, но как спорадические случаи, общего значения, конечно, не имеющие.

Как отмечено, для аналитического отделения цезия и рубидия наилучшим из известных методов будет хлороплатинатный, т. е. тот же, что и для калия, но хлороплатинаты цезия и рубидия еще менее растворимы, и потому кристаллический их осадок является бледным, особенно мелким, „пролезающим“ и требующим усиленного внимания со стороны аналитика. Поэтому для лучшей качественной идентификации всегда будет хорошо, захватив часть осадка на платиновую проволоку, ввести его в пламя и рассмотреть в спектроскоп.

Для лития в этом случае явится чрезвычайно характерной яркая малиновая окраска пламени. Цвет этого пламени в высокой степени монохроматичен, и в спектроскопе мы увидим наряду с широкою малиновую полосую лишь очень бледную темножелтую. Конечно, всегда будет мешать натрий, но здесь существенную помощь оказывает то обстоятельство, что литий является значительно более летучим, чем натрий. Именно, при введении в пламя пробы малиновый цвет лития появляется раньше желтого натриевого, и, наоборот, если пробу из самого горячего пламени перенести в более холодное место, то желтый натриевый исчезает тотчас же, и некоторое время ясно будет различаться лишь малиновый спектр лития.

Применение этих элементов. На химический рынок цезий и рубидий попадают в виде солей, хлористых, азотнокислых, изредка в виде соответствующих едких щелочей и лишь в исключительных случаях в виде металлов. До последнего времени цезий не завоевал для себя

большого места. Сейчас он нашел себе применение в радио-трубках. Незадолго перед окончанием фабричного изготовления радио-трубки в нее вводится пилюля из хлористого цезия в смеси с металлическими магнием и кальцием. В один из последующих предзаключительных моментов производства пилюля поджигается, сгорающие металлы уничтожают последние следы неоткаченного воздуха, хлористый же цезий возгонкою попадает на поверхность нити, где и выполняет важную в радиоделе роль снабжения нити положительными ионами.

Более специфично и незаменимо применение обоих элементов: цезия, но особенно рубидия, — в фотоэлементах. Давно уже известно, что наилучший фотоэлектрический эффект дают (в области видимых лучей) щелочные металлы; раньше всего, конечно, был использован натрий, но наиболее эффективными оказались цезий и особенно рубидий: для полного эффекта достаточно слоя их толщиной всего в одну молекулу на поверхности другого металла. Вводить в стеклянный шарик фотоэлемента, конечно, приходится значительно большие количества, но лишь только молекулярное зеркало наведено, как все избыточное количество удаляется насосом.

У рубидиевых солей с течением времени определилась своя специфическая целая область — микрохимия, где свойства рубидиевых солей давать весьма быстро с соответствующими солями прекрасно образованные кристаллы завоевывает им исключительное место в этой быстро развивающейся и особенно богатой возможностями отрасли аналитической химии.

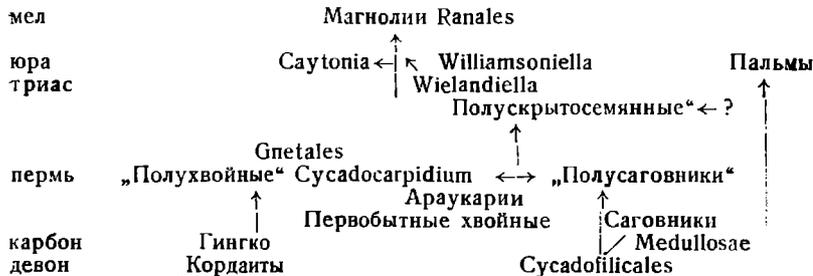
Если мы перейдем теперь к литию, то встретимся с применением соединений этого металла не только в таких сравнительно экзотических и изысканных случаях, но и в достаточно тривиальных, более житейских, и притом это будет относиться не только к солям лития, но и к непосредственным его минералам в изомолотом виде. Целебные свойства литиевых соединений при приеме внутрь известны с давнего времени (подагра и прочие болезненные явления на почве отложений мочевой кислоты), и медицина и сейчас потребляет значительные количества литиевой воды (литиевой щелочи), солей лития и, наконец, более сложных органических его препаратов. Из литиевых минералов лепидолит непосредственно и в больших количествах поступает в производство опаловых стекол. Само собою разумеется, что эффективное монохроматическое пламя лития послужило к широкому применению его в пиротехнике. Чрезвычайно удачным оказывается применение литиевых щелочей в щелочном аккумуляторе; бромистый литий нашел себе место в фотографии, а карбид лития играет значительную роль в рентгено-скопии.

Металлический литий из-за чрезвычайной его мягкости при всех прочих характеризующих щелочные металлы недостатках вообще пока применения не нашел, но в связи с особенно обещающим развитием легких сплавов приходится думать, что и ему суждено занять видное место в этих сплавах наряду с магнием и бе-

рилийем. Во всяком случае, незначительная добавка его к алюминию уже давно известна в немецкой практике, как придающая особо желательные свойства алюминию, идущему на отливку кузовов как автомашин, так и вагонов. (The Chemical Age, 3 V 1930).

БОТАНИКА

Древность покрытосемянных. [Доклад Уиланда (Wieland) на IV Международном ботаническом конгрессе в Америке]. Отметим из



этого большого доклада (24 стр.) несколько более важных пунктов. По мнению автора, покрытосемянные столь же древни, как и хвойные, и полифилетичны; происходят от вильямсоновых или от других подобных голосемянных, и корень их идет в глубокую древность, к примитивным типам, еще связывавшим корданы, гингко, хвойные, саговники и цикадоидеи; в их развитии очень видную роль играл полифилетизм, и, например, такие группы, как магнолии, лютиковые и однодольные, могут иметь независимое происхождение. Автор дает приведенную выше таблицу.

Он считает, что наиболее крупные изменения при эволюции растений должны были идти в теперешней арктике и на больших континентах. Выяснение эволюции покрытосемянных — этой „ужасной тайны“, по выражению Дарвина, — затрудняется целым рядом обстоятельств: покрытосемянные гораздо хуже окаменевают, чем хвойные; цветы в более древних слоях попадают очень редко — очевидно, они плохо сохраняются; у древних форм они, вероятно, были очень мелки (например, крохотные цветы и плоды кейтониевых), крупные же шишки (цикад, сосен, араукарий) и цветы магнолий — скорее исключения (гигантизм). Затемняют дело частые случаи обратной эволюции (сложные соцветия иногда превращаются в одиночный цветок, неправильные листья и цветы могут вновь стать правильными, стробилоподобный венчик может превратиться в свободнопестичный). Затем, листья мезозойских покрытосемянных часто приписываются другим группам растений. Наконец, континентальные остатки вообще плохо сохраняются. (Proc. of the Intern. Congr. of Pl. Sc. I, 1929, p. 439).

С. Иличевский.

БИОЛОГИЯ

Ванадий в организмах. До сих пор еще среди натуралистов распространен взгляд, что ванадий — сравнительно редкий химический элемент. Между тем, многочисленные исследования, начавшиеся с конца прошлого столетия и продолжающиеся по сие время, все более и более свидетельствуют о широком распространении ванадия в природе, напоминающем распространение цинка, меди и других металлов. Количество ванадия исчисляется в 0.01%

веса земной коры, т. е. его больше, чем, например, столь обычных для нас металлов, какими являются свинец или олово. Характер распределения его в природе обуславливается химическими свойствами этого элемента. Ванадий помещается в V группе химических элементов и является во многих своих свойствах аналогом фосфора и мышьяка. С другой стороны, его металлические свойства напоминают свойства соседних с ним тяжелых металлов большого периода менделеевской системы элементов — железа, марганца и т. д. Так, например, ванадий имеет ряд степеней окисления — V_2O_2 , V_2O_3 , V_2O_4 и V_2O_5 . Последнее обстоятельство создает ванадию большую подвижность в области биосферы.

В результате разрушения первичных пород, где ванадий находится в виде трехвалентного соединения, он переходит в биосферу, где все его соединения содержат пятивалентный ванадий. Он был открыт во всех исследованных осадочных породах — в глинах, железных и медных осадочных рудах, ископаемых углях, асфальтах, торфе и т. д., а также в различных нефтях. Содержание его не носит равномерного характера. Обращает на себя внимание нахождение ванадия в углях, нефти и особенно значительная его концентрация в асфальте. Был высказан взгляд о возможной роли биохимических процессов в осаждении ванадия. Наконец, рядом ученых, В. И. Вернадским, Самойловым, Портером, Филипсом, Линдгреном и др., считается вероятным, по крайней мере в известной части, происхождение ванадия в этих осадках из тех организмов, которые послужили причиной образования углей, торфа, асфальтов и т. д. Последнее предположение может быть подкреплено нахождением ванадия в современных растениях и животных.

Повидимому, первым в золе растений нашел ванадий Бехи (Bechi, 1879), затем рядом авторов (Lirrmann, Grafe, Griffiths, Demarçau и Соглес) ванадий был указан в отходах свеклосахарного производства, а также в свекловице, в морских водорослях (*Laminaria*), в золе тополя, виноградной лозы, пихты, граба, дуба, ели и др. Несмотря на случайность этих находок,¹ в общем они подтверждают широкое распространение ванадия в растениях.

Совершенно отсутствуют сведения о количестве ванадия в организмах. По предложению академика В. И. Вернадского, Б. Е. Голубчина начала в Биогеохимической лаборатории Академии Наук количественные определения ванадия в растениях, и первые данные дают содержание V порядка 10^{-5} — $10^{-4}\%$ на вес живых растений, т. е. в количествах, в каких встречаются в растениях, например, медь и другие металлы. Не исключено существование растений с большим содержанием V, подобно тому как мы это имеем в отношении Mn, Fe и Zn.

Нахождение V в животных организмах стало известно в 1911 г., когда Генце (Henze), изучая пигмент кровяных телец асцидий, а именно *Phallusia mammillata*, открыл в них V. История этого открытия чрезвычайно поучительна. Пигмент крови *Phallusia mammillata* был предметом исследования еще Харлесса (Harless) в 1847 г. Он первый описал свойства крови этой асцидии, приобретавшей синнюю окраску при воздействии на нее некоторых веществ. Генце, обнаруживший впервые ванадий, определил в хромогене крови до 18.5% V_2O_5 и, кроме того, нашел в кровяных тельцах до 3% свободной H_2SO_4 . Пигмент в водном растворе имеет коричнево-красный цвет, изменяющийся при известных условиях, как мы уже говорили, в голубой цвет. Пигмент в растворе не поглощает кислорода, чем резко отличается от гемоглобина и других дыхательных пигментов. Генце в результате своих исследований высказал предположение, что ванадий в пигменте находится в высшей степени окисления, а именно V_2O_5 , изменяющейся в V_2O_4 , и думает, что этот хромоген в присутствии H_2SO_4 является своеобразным катализатором в процессах переноса кислорода.² Если бы дальнейшее изучение этого

¹ П. А. Волков нашел ванадий в растениях, растущих на штабелях ванадиевой руды в Фергане (см. Природа, 1925).

² Равновесие, существующее между дыхательным пигментом и кислородом, напр., для гемоглобина, может быть изображено так: $Hb + O_2 \rightleftharpoons HbO_2$, т. е. оно является обратимым и зависит от парциального давления кислорода. При разрежении давления в сосуде с раствором HbO_2 можно получить освобождающийся газообразный кислород. С кровью *Phal. mammillata* подобного явления не наблюдается. Имея в виду характер веществ, употребляемых Харлессом, Генце и др., вызывавших синнюю окраску крови *Phal. mammillata* (алкоголь,

хромогена окончательно подтвердило своеобразную передачу кислорода у асцидий, по своему механизму стоящую как бы посередине между системой оксидоредуктазных ферментов, а с другой стороны — собственно дыхательных пигментов, то мы получили бы чрезвычайно важное наблюдение, которое позволило бы нам судить о происхождении и дифференциации дыхательных пигментов в крови животных. Генце, продолжая свои наблюдения, качественно показал нахождение V в других асцидиях, а именно: *Phallusia fumigata*, *Ascidia mentula*, *Ciona intestinalis* и *Diazona violacea*. Затем Hecht указал V в *Ascidia atra*, а Azéma и Pied еще в двух новых видах — *Bothrylloides gubrum* и *B. schlösseri*. С другой стороны Филлипс, испробовав два вида асцидий с острова Тортугас (название он не указывает), не нашел в них V; в то же время в одной из голотурий (*Stichopus tobii*) он нашел значительные количества V; сухое вещество голотурий содержало 0.123% V.

Нам удалось исследовать голотурии *Molpadia affinis* и *Cucumaria frondosa*, где мы не нашли V, и асцидии *Ciona intestinalis* и *Phallusia obliqua* из Кольского залива, где V оказался, особенно в последнем виде.¹ Зола *Ph. obliqua* в малых количествах давала все типические макрохимические реакции на V. При количественном определении оказалось, что живой организм заключает $3.10^{-2}\%$ V или 0.308% на сухое вещество. Еще больше его при определении в золе тела *Ph. obliqua* (без туники), где содержание достигает почти 3% V_2O_5 на золу. Подобное содержание V порядка $3.10^{-2}\%$ на вес живого организма нужно считать значительным.² При этом очень вероятно концентрация V в каком-либо органе асцидий, как это мы имеем, напр., для меди и марганца в печени моллюска.

Не все ли вообще асцидии содержат в крови V? Отрицательное наблюдение Филлипса для двух нам неизвестных видов асцидий увеличивает наш интерес к этой проблеме. Значит, существуют виды (и семейства) без V. А содержат ли V представители других порядков туника — *Thaliacea*, *Larvacea* и *Pyrosoma*? В каких продуктах питания асцидий следует искать источник первоначального накопления V? Нет ли еще и в других классах морских организмов, содержащих V, тем более что состояние между голотуриями и туниками (оболочниками) огромно. Какие еще голотурии со-

ацетон и др.), а также окраску растворов ванадия (V_2O_4 — голубая; V_2O_5 — коричнево-красная), в присутствии H_2SO_4 можно представить процесс переноса кислорода таким образом: $V_2O_4 + SO_3 \rightleftharpoons V_2O_5 + SO_2$, причем $V_2O_4 \rightarrow V_2O_5$ окисляется кислородом воздуха, а SO_3 раскисляется тканями организма.

¹ Доклады Акад. Наук, 1930, стр. 465.

² В. И. Вернадский предлагает считать ванадиевыми, медными и т. д. организмами те, которые содержат на вес живого организма $p \cdot 10^4\%$ этих химических элементов.

держат его и где? Все это вопросы, требующие своего разрешения. Сравнительно небольшое число видов оболочников в наших северных морях, даже при качественном их опробовании на V, представило бы интереснейшие данные не только для геохимии, но и для зоологов-систематиков. После только-что изложенного нет никакого сомнения в том, что ряд морских организмов собирает V в море, а затем он переходит в осадки дна моря. Слишком бедны наши сведения о прошлом асцидий (да в известной степени и голотурий), чтобы сейчас же решиться утверждать органогенное происхождение V в ряде отложений. Филлипс высказал очень смелую мысль о возможности образования некоторых медно-ванадиевых минералов (напр. фальборгита) за счет тех голотурий, которые эти металлы содержали.

Во всяком случае на дне морей даны все условия для фиксации V. Присутствие отложений CaCO_3 и органического вещества благоприятствует переходу ванадиевых соединений в нерастворимое состояние, что, конечно, ведет постепенно к концентрации. Современное расселение оболочников также способствует местной концентрации V. Огромная масса асцидий селится на дне современных морей, образуя там обширные сообщества. Примером скопления этих животных могут служить асцидиевые биоценозы у нас в Кольском заливе, в ряде мест вдоль Канинского берега и т. д. Очевидно, и в других морях встречаются подобные скопления. Значение их в геохимии ванадия должно быть выяснено.

Все, что мы изложили выше, как нам кажется, не может вызвать сомнения в широком распространении ванадия в природе, и в организмах в частности, где концентрация его достигает порядка п. $10^{-20}/\%$. Живое вещество в геохимической истории ванадия выполняет ту же роль, которую оно проявляет и в отношении ряда других химических элементов.

А. П. Виноградов.

Функция кишечных лимфоцитов. Лимфатические фолликулы тонких кишек рассматриваются обыкновенно как аппарат, через который лимфоциты переходят в кровь, или как защитное приспособление против патогенных бактерий. Исследования Риозо Оно (Япония) освещают дело с иной стороны. Опытный материал дали ему кишечные фистулы у двух пациентов, а затем животные (собаки, кошки, кролики и морские свинки). На основании этих исследований автор пришел к такому заключению о роли лимфоцитов: у человека и у других млекопитающих происходит, как повседневное физиологическое явление (особенно после еды), автоматическое передвижение огромного числа лейкоцитов, главным образом лимфоцитов, сквозь стенку кишечного канала и больше всего через фолликулы; почти все эти тельца в полости кишек тотчас же подвергаются дегенерации. Физиологическое значение

этого процесса заключается в том, что лимфоциты способны энергично активировать переваривание белка, крахмала и жира панкреатическим соком, в особенно же высокой степени при содействии желчи и энтерокиназы кишечного сока. На основании своих опытов Риозо Оно считает себя вправе высказать предположение, что не только млекопитающие, но и птицы, рептилии, амфибии и даже рыбы, из которых некоторые совершенно не нуждаются в защите от бактерий, — все содержат массу лимфоцитов в стенке кишечного канала. У животных, лишенных панкреатической железы, лимфоциты точно так же способствуют кишечному пищеварению. В конце концов из полученных опытных данных исследователь выводит то заключение, что при активировании расщепления белка, крахмала и жира панкреатическим соком действуют не различные механизмы, а существует в лимфоцитах единообразно действующий, как подлинный активатор, один фермент, влияние которого может усиливаться еще и белковыми веществами тех же лимфоцитов. (*Biochem. Zeitschr.*, 218, 206 — 237).

Л. Е.

Влияние ионов кальция и натрия на работу слюноотделительного центра. По исследованиям Попова и Баянмурова, раздражение язычного нерва при самопроизвольной деятельности слюноотделительного центра может и усиливать, и тормозить отделение слюны. Предварительные опыты с введением в кровь солей кальция указали на некоторую аналогию между действием ионов этого элемента и электрическим раздражением центрипетального конца нерва. Целью теперешнего исследования Попова и Денисова является именно проверить это предположение и выяснить вопрос о действии ионов на слюноотделительный центр. Опыты производились над собаками; вводились в кровь эквинормальные или эквимолекулярные растворы солей кальция и натрия. При спокойном состоянии слюноотделительного центра, вообще говоря, впрыскивание солей кальция повышает рефлекторную возбудимость центра, между тем как соли натрия понижают ее. Что касается, в частности, известных солей, то опыты показывают полную аналогию с опытами раздражения центрипетального нерва. Как в последнем, так и в первом случаях наблюдалась, по выражению авторов, волнообразная реакция: повидимому, в зависимости от состояния нервного центра вызывалось то возбуждение с последующим торможением, то наоборот, или ряд возбуждений и торможений. Таким образом, предположение об активном участии ионов в процессе возбуждения, возникающего в нервных центрах, авторы считают вполне оправданным. (*Arch. f. Physiol.*, CCXXIV, 1, 16 I 1930, pp. 100 — 109).

Л. Е.

ГЕОГРАФИЯ

В качестве естествоиспытателя в Индию — таково заглавие только-что вышедшей новой книги Ганса Молиша. В 1928 г. Молиш получил от известного индусского ученого Бозе, о замечательных исследованиях которого над чувствительностью растений мы в свое время писали на страницах „Природы“,¹ приглашение приехать к нему в Калькутту для ознакомления с его институтом и прочтения ряда лекций по биологии его ученикам.

В введении к своей книге Молиш вспоминает рассказ Геккеля в „Индийских письмах“ о нерешительности и раздумье, охвативших его, когда ему в возрасте 48 лет предстояло совершить путешествие в Индию; Молиш, хотя ему уже перевалило за 70 лет, получив приглашение Бозе, ни минуты не раздумывал и в начале ноября 1928 г. был уже в Индии, где пробыл до июня 1929 г.

Первая небольшая глава книги посвящена Бозе, его совершенно исключительному институту и работам. Институт Бозе не только по оригинальности ведущихся исследований, по нигде не существующей аппаратуре, но и во всем остальном является его личным созданием. На здание института и его оборудование им израсходовано из личных средств на наши деньги около миллиона рублей, и только около 300 000 р. он получил от правительства и в виде пожертвований от частных лиц. Во главе института стоит комитет, состоящий только из индусов, в состав которых входят сам Бозе и его жена, а из числа ряда крупных индусских деятелей — известный писатель и друг Бозе Рабиндранат Тагор.

К тому, что мы уже писали об институте Бозе, можно еще добавить, что сотрудниками Бозе и его учениками являются 15—20 тщательно подобранных молодых людей. Их работа в институте продолжается от 1 до 2 лет, но по приглашению Бозе они могут делаться постоянными работниками института. Все ученики и сотрудники Бозе получают жалование, покрывающее вполне все их жизненные потребности, что дает им возможность всецело отдаться научной работе.

Вся остальная часть книги посвящена Индии и ее природе. Книги Молиша имеют всегда исключительно притягательный характер, потому что он в своих путешествиях, по его же собственным словам, смотрит открытыми глазами не только на природу и ее явления, но и на посещаемые страны, их население, нравы и обычаи, искусство, науку и общественную жизнь. Потому и в этой его книге об Индии, как в предшествующих его двух книгах об Японии (см. наши заметки, „Природа“ № 11—12, 1926, и № 10, 1927), мы находим удивительно разнообразное содержание: биологические наблюдения и описания ботанических садов переплетаются с описаниями, как всегда мастерски написанными, виденного в Индии. И хотя в этом

нет ничего напоминающего обычные описания путешествий, но, тем не менее, когда переворачиваешь последнюю страницу книги, у читателя остается ощущение, как-будто он сам побывал в Индии. Это умение заставить читателя, если можно так выразиться, почувствовать описываемую страну, дано не многим путешественникам, но этим даром в высшей степени наделен Молиш.

В числе биологических наблюдений в Индии мы находим в его книге описание получения сахаристого сока из пальм, о „плаче“ деревьев манго, о паразитическом устройстве гнезд муравьями, как бы сшивающими края листьев клейкими выделениями своих личинок, создавая таким образом нечто вроде мешка, служащего муравейником, о нагревании солнцем частей растений, доходящем до 52° Ц. Чрезвычайно интересны наблюдения над изменением окраски цветов некоторых растений, например, *Hibiscus tiliaceus*, окрашенных утром в желтый цвет, позже — в красный, *Sarrapis horrida* — сначала в белый, затем в темнокрасный, *Franciscea latifolia* — в темнофиолетовый, позже в снежно-белый. Краткости жизни так называемых „однолетних“ растений, космополитизму в растительном царстве, индийским красильным растениям, эпифитам, интересным видам орхидей, светящимся растениям и многим другим биологическим наблюдениям, которые мы лишены возможности здесь все перечислить, посвящен ряд глав. Садам Индии и их стилю, а также описанию ботанических садов в Калькутте и у подножия Гималаев (*Darjeeling*), уделено Молишем достаточно внимания.

Из глав, посвященных Индии и ее обычаям, упомянем об описании поездки по Гангу, к подножию Гималаев, о посещении Бенареса, Дели и др. городов, об индийской свадьбе, на которую автор был приглашен, о спорте в Индии, о красочной толпе, заполняющей улицы городов Индии, о ярких одеяниях и многочисленных украшениях женщин, и о многом другом узнаем мы в этой книге.

Общественная жизнь Индии также не прошла мимо внимания автора. В главе, посвященной вопросам дня современной Индии, мы находим обстоятельные данные об изучении и воспитании детей, гигиене, о кастовых различиях, достигающих в Индии исключительного обострения, о положении женщин, по всей вероятности, нигде на Востоке не достигающем такой бесправности, как в Индии. Стремления Индии к свободе, революционная деятельность националистов, тиски англичан, сжимающих развитие индийского народа, — все это нашло себе место в книге Молиша. И если ко всему сказанному добавить исключительную объективность и доброжелательность автора к людям, художественность изложения и наличие свыше ста прекрасных оригинальных фотографий, то, нам кажется, имеется достаточно оснований назвать произведение Молиша прекрасной книгой для всякого интересующегося Индией, для юношества, в котором она должна пробудить интерес к природе, и, наконец, и для тех,

¹ Природа, № 12, 1927, стр. 975.

которые следят за разворачивающейся как-раз в данный момент революционной борьбой индусов с англичанами.

В заключение мы выскажем надежду, что наши издательства опубликованием перевода на русский язык этой книги не лишат нашего читателя знакомства с произведением Молиша, как они уже это сделали с двумя его книгами об Японии. (H. Molisch. Als Naturforscher in Indien, Jena, 1930).

Е. Вульф.

НАУЧНАЯ ХРОНИКА

IV Всесоюзный съезд зоологов, анатомов и гистологов в Киеве 6—12 мая 1930 г. Съезды зоологов возникли сравнительно недавно—с 1922 года. Почти одновременно—также самостоятельно—начали собираться ботаники, геологи, физиологи, позже—генетики. Парал-

лельно устраивались съезды по целому ряду медицинских дисциплин. До революции все эти научные области обычно соединялись в пестрые съезды „естествоиспытателей и врачей“. Последний из них состоялся в Тифлисе в 1913 году. Однако, специализация каждой науки, рост и углубление ее заставили, ради экономии времени, проводить обсуждение отдельно. Такое стремление к дроблению намечается далее. И уже теперь последние съезды зоологов кажутся громоздкими, и на очереди стоит вопрос о дальнейшей их дифференцировке. С другой стороны, научная мысль сейчас настойчиво возвращается к синтезу. На зоологических съездах все больше внимания уделяется общебиологическим вопросам. Поэтому эти съезды приобретают тот общий интерес для всех натуралистов, который мы видели очень ярко со стороны представителей самых разнообразных биологических дисциплин.

Собираются съезды зоологов регулярно через каждые 2½ года. Приводим интересные данные, характеризующие их рост.

Съезды	Заседания			Доклады			Число членов						Число пред- ставл. городов
	Пленумы	Секции	Всего	Пленумы	Секции	Всего	Москва	Ленинград	Киев	Прочие м. Евр. СССР	Азиатск. ч., Крым, Кавк.	Всего	
I. Ленинград, 15—21 XII 1922 г.	5	41	46	15	252	267	72	139	7	85	5	308	29
II. Москва, 4—10 V 1925 г. . .	5	53	58	15	352	367	210	51	10	123	17	411	29
III. Ленинград, 14—20 XII 1927 г.	8	53	61	28	373	401	209	264	24	215	46	758	58
IV. Киев, 6—12 V 1930 г. . . .	7	56	63	17	364	381	198	81	209	352	42	882	77

Совершенно ясно, что рост числа членов идет одинаково и за счет столиц, и периферии, причем обычно максимальное число дает город, в котором заседает съезд. Число же докладов и заседаний, очевидно, дошло до предела вместимости. Дальнейший путь—или дробление секций (I съезд—8, IV—13), причем уже с III съезда организована самостоятельная секция физической антропологии), или выделение наи-

более обособившихся дисциплин в самостоятельные съезды. К таким дисциплинам безусловно надо отнести анатомию и физическую антропологию, количество заседаний которых превысило шестидневную норму IV съезда и привело к тому, что заседания названных секций иногда шли параллельно с пленарными. Прилагаем распределение прочитанных на последнем киевском съезде докладов по циклам.

	Пленум	Секции и подсекции										Соед. заседания						Всего	
		Систем., фаун.	Морф. позвон	Морф. беспозв.	Эксп. зоол.	Генетика	Гидробиол.	Прикл. зоол.	Гистол. и цит.	Анатомия	Физ. антропол.	Сист. и гидр.	Сист. и прикл. зоол.	Гидр. и прикл. зоол.	Морф. п. и бесп.	Морф. и гист.	Эксп. зоол. и гистол.		Анат. и антроп.
Число заседаний .	7	4	3	2	5	4	4	5	5	8	7	1	1	1	3	1	1	1	63
Число докладов .	17	24	15	10	36	23	28	25	38	70	41	7	5	7	16	6	8	5	381

Обращает на себя внимание большое число соединенных заседаний секций и подсекций (9 с 54 докладами из всех 364 секционных, что составило 14%). В этом видно опять-таки стремление к синтезу очень раздробленных специальностей. Характерной чертой IV съезда было отчасти выполненное намерение сгруппировать однородные по темам доклады в самостоятельные заседания с обобщающими программными докладами во главе каждого заседания. Такие заседания были наиболее продуктивными и интересными, дававшими глубокое и всестороннее освещение прорабатываемой темы. На пленарные заседания были, по примеру предыдущих съездов, вынесены общие руководящие и животрепещущие доклады, давшие сводку современных основных направлений биологии, морфологии, генетики, анатомии и др. Такие заседания проходили особенно живо.

Постараемся дать характеристику съезда по тем его направлениям, которые на нем определились.

Видное место впервые на подобных съездах заняли вопросы философии современного естествознания и методики диалектического материализма. На пленарных заседаниях эта точка зрения проводилась и в докладах на эволюционные темы (А. С. Серебровский — „Проблема сведения в эволюционном учении“, И. И. Презент — „О роли случайности в видообразовании“), и по генетике (С. Г. Левитт — „Внутреннее и внешнее в процессе наследственной изменчивости“), и в той широкой дискуссии, которая возникла каждый раз вокруг докладов этих и иных направлений (напр. А. А. Любищева — „Логические основания современной биологии“, настаивавшего на необходимости пересмотра привычных логических понятий и, как выход из создавшегося критического состояния биологии, — на принятии принципа: отрицание закона исключения третьего).

По докладам не-диалектического направления группой биологов-марксистов выставлялись содокладчики-оппоненты (по докладу А. А. Любищева — И. И. Презент), вслед за которыми выступило большое число членов съезда, горячо отстаивавших свои взгляды. Кроме того точка зрения диалектического материализма проводилась и во многих других докладах секционных (антропологических, анатомических, гистологических, генетических, по экспериментальной зоологии и др.). Нашла она свое выражение, наконец, в декларациях марксистов-биологов и в некоторых принятых съездом резолюциях.

Оживленные прения возникли и после двух докладов — А. П. Владимирского — „Ламаркизм, его итоги и новые задачи“ и Д. Н. Соболева — „Эволюция как органический рост“. В первом докладе проводилась идея широкого эктогенеза в эволюции, которую докладчик связывает с именем Ламарка, а во втором — об определенном направлении эволюции, подчиняющейся силам роста органического вещества, т. е. об автогенетическом процессе („проградация“), в котором роль среды выражается лишь в задержках или ускорениях. Как всякий уклон

в неоламаркизм, так и номогенетические тенденции встретили резкий отпор и критику со стороны оппонентов марксистов (содокладчики И. М. Поляков и Е. И. Финкельштейн и ряд других членов съезда). Более подробно, чем в прениях, диалектическая точка зрения была развита И. И. Презентом в его докладе „О роли случайности в видообразовании“, в доказательствах происхождения целесообразных приспособлений. Защищая роль отбора в видообразовании, докладчик считает, что эта роль направляющая, но не главная творческая.

Несмотря на то, что генетики обособились в 1928 г. в самостоятельный съезд, секция генетики была представлена на съезде зоологов рядом интересных докладов. На пленарных заседаниях с программными речами выступили (на открытии съезда) Н. К. Кольцов — „Об экспериментальном получении мутаций“ и Ю. А. Филипченко — „Морфология и физиология наследственности“. Во втором докладе выражалась та точка зрения, которая в последнее время все четче и яснее формулировалась докладчиком, — что наследственность, изучавшаяся классической генетикой большей частью как ряд явлений морфологических, должна быть изучаема, подобно механике развития, физиологически. Особенно это касается признаков, отличающих высшие систематические единицы.

Доклад Н. К. Кольцова дал сводку самому животрепещущему вопросу — о попытках получить экспериментально мутации X-лучами, радием и температурой. Факты, добытые в этом отношении за последние 3 года, дали совершенно новый материал для суждения о мутационном процессе. Проникновение в эту, прежде совершенно недоступную, область дало право докладчику выразить надежду, что вскоре мы научимся не только ускорять мутационный процесс, но и управлять им. С этим докладом был тесно связан ряд докладов московской школы по секции генетики, посвященных фактической стороне получения мутаций упомянутыми методами. Следует отметить программную сводку А. С. Серебровского — „Проблема гена“. К пониманию гена как материальной и более или менее сложной структуры привело докладчика изучение серии множественных аллеломорфов (толкование в смысле дробности гена). Эксперименты с X-лучами значительно помогли проникнуть в эту область. Такой же точки зрения придерживался и С. Г. Левитт в пленарном докладе — „Внутреннее и внешнее в процессе наследственной изменчивости“. Но центр внимания им был перенесен на рассмотрение взаимоотношения внешнего, как причины, и внутреннего, как определяющего результат реакции. Игнорирование одного из двух факторов приводит к грубым механистическим толкованиям (наследственная изменчивость и эволюционный процесс — качественно разные явления, часто смешиваемые). Состоялся ряд докладов по цитологии, генетике, связи одаренности со средой, связи генетических проблем с животноводством и др.

Секция экспериментальной зоологии занималась вопросами морфогенетики, о чем говори-

лось и в пленарном докладе М. М. Завадовского—„Некоторые проблемы механики развития“ (в частности—изучение влияния гормонов), функциогенеза при метаморфозе (Л. Я. Бляхер и его сотрудники), закономерностей роста (И. И. Шмальгаузен), формообразования (Б. И. Балинский и др. сотрудники И. И. Шмальгаузена) и др. Следует отметить ряд достижений в расшифровке трудной области механики развития и явлениях дифференцировки.¹

Особо стояла группа докладов, поставленных на соединенном заседании секций экспериментальной зоологии и гистологии по вопросу о митогенетических лучах А. Г. Гурвича. В программных сводках С. Я. Залкинда и Г. М. Франка и докладе Л. Я. Бляхера была дана картина состояния наших знаний об этих лучах (с чем читатели „Природы“ знакомы по статьям Л. Г. Гурвич с теми новейшими дополнениями, которые касаются главным образом физической стороны лучей (тождественных с ультрафиолетовыми), их возникновения, распространенности в природе и роли в явлениях роста, развития и размножения. Были указаны и иные причины клеточных делений (Б. П. Токин—химические агенты, М. Н. Моисеева—механические возбудители). В оживленной полемике переполненная аудитория с громадным интересом реагировала на доклады, показавшие углубление и расширение плодотворных идей А. Г. Гурвича.

На секции гистологии, кроме большого числа докладов, касавшихся отдельных узких вопросов и методологических задач, был широко освещен ряд важных проблем, разрабатываемых сейчас и в Союзе, и за границей, о синцитиальном строении тканей (доклады Б. П. Лаврентьева, В. Я. Рубашкина, А. В. Леонтовича и др.), цитоархитектонике нервной системы и теории нейрона, аппарате Гольджи и др. Обратили на себя внимание явившиеся продолжением прежних исследований, частью доложенных на III съезде, доклады о методике и достижениях цитологических и гистологических исследований, проникающих в интимнейшие структуры живого вещества (А. В. Румянцев, М. М. Боскобойников и др.). Отдельно был поставлен цикл докладов по тканевым культурам (Н. Г. Хлопни и др.) и изучению обмена в них в связи с явлениями злокачественных опухолей, регенеративными явлениями и др. В этом цикле на пленарное заседание был поставлен доклад А. А. Кронтовского—„Аналитические и синтетические эксперименты в тканевых культурах“. Этот доклад привлек особое внимание еще и потому, что сопровождался демонстрацией лондонской кинофильмы д-ра Канти „Поведение клеток в тканевых культурах“. Эта исключительно интересная фильма дала совершенно новые факты, показывающие состояние и поведение клеток в тканевых куль-

турах при их делении, передвижениях и дегенеративных процессах после действия радия.

Секция морфологии провела половину своих заседаний соединенно обеими подсекциями—позвоночных и беспозвоночных, и ряд докладов имел общий обзорный характер (следует отметить доклады: Е. Н. Павловского—„Современное положение и задачи морфологии членистоногих“, Д. Н. Третьякова—„О происхождении позвоночных“, М. М. Воскобойникова—„О синтезе в морфологии“, Б. П. Лаврентьева—„Об эволюции кожного покрова позвоночных“, ряд палеозоологических и др.). Кроме того подсекция беспозвоночных выделила цикл докладов по паразитологии.

Секция систематики, фаунистики и зоогеографии занималась вопросами происхождения фауны (Крыма—И. И. Пузанов), экологии вообще (миграции у сухопутных сообществ—В. В. Станчинский), количественного учета фауны (А. А. Любичев) в связи с балансом организмов, полиморфизма (Г. А. Кожевников) и др. Следует отметить пленарные доклады экологического характера В. Н. Беклемишева—„Основные понятия биоценологии в приложении к животным компонентам сообществ“ и В. В. Станчинского—„Некоторые понятия зоологии в свете экологического учения“. В первом докладе устанавливается связь между встречаемостью организмов в данном сообществе и обилием, т. е. средним количеством данного вида на единицу пространства (первая есть функция второго), устанавливается периодичность компонентов сообществ и основная жизнеспособная единица живого покрова суши—климатическое сообщество. Второй доклад, также говоря об изучении жизни земного покрова в целом, приходит к выводу, что прежняя морфологическая характеристика вида должна быть заменена динамической (коррелятивно меняющаяся, связанная со средою сумма), и числовой учет индивидуумов должен быть заменен учетом массы живого вещества (докладчик здесь приходит к значению работ В. И. Вернадского для экологии).

Экологические вопросы трактовались также в ряде докладов и в секции гидробиологии при характеристике и типологии водоемов (Д. А. Ласточкин, В. И. Жадин, Д. Е. Белинг, С. А. Зернов и др.) и биологии их обитателей (Н. С. Гаевская). Часть же сообщений была посвящена вопросам прикладным и разбиралась на соединенном заседании с секцией прикладной зоологии. Последняя работала в нескольких направлениях—животноводческом, прикладной энтомологии, промысловом (о работе специальных станций, рыбном и пушном промысле и др.). Разбирались конкретные задачи народного хозяйства, охраны природы и др., что нашло выражение в ряде принятых съездом резолюций. Н. М. Книпович на пленарном заседании сделал доклад на тему: „Задачи и достижения морских исследований СССР в последнее время“. Задачей научно-промысловых исследований, которые наиболее успешно развивались на протяжении последних 30 лет и достигли особых результатов за последнее десятилетие, является

¹ В „Природе“ за прошлые годы сообщалось о ходе работ и выводах как московской, так и киевской школ. За отсутствием места не имеем возможности остановиться на этих работах здесь подробнее.

всестороннее изучение водоемов и их богатств, с целью наиболее рационального их использования. За последнее время в СССР сильно разрослась сеть гидрометеорологических, научно-промысловых и биологических станций, было организовано много экспедиций, и значительно улучшилась методика исследований. Из наиболее насущных научных вопросов, которые могут иметь большое значение в деле удовлетворения запросов жизни, является вопрос о „сырьевой базе“ для рыбной промышленности, о „контингенте выловов“, т. е. о количестве рыбы, которая может быть использована человеком без нарушения ее естественных запасов. Также важны в практическом и научном отношении гидрометеорологические и промысловые предсказания. В указанных областях в настоящее время работает ряд научных учреждений, имеющих всесоюзное значение, а именно: Гидрометеорологический комитет, Арктический институт и Институт рыбного хозяйства и промысловых исследований.

За отсутствием места приходится только кратко указать на те важные и интересные проблемы, которыми были заняты две наиболее крупные секции съезда ¹ — анатомии и физической антропологии. Кроме большого числа докладов по отдельным более узким вопросам, при этих секциях были открыты выставки препаратов, моделей, диаграмм и др., иллюстрировавших и частью заменивших сообщения („молчаливые доклады“). Надо отметить программные доклады В. Н. Тонкова — „Пути современной анатомии“ и В. Н. Шевкуненко — „Типовая анатомия“, на которых подводились итоги и указывались задачи современного анатомического исследования. Тесно сплетаются с такими темами вопросы конституции человека, которым уделено было отдельное заседание (соединенное обеих секций). Расовые проблемы в применении к народонаселению СССР (Б. Н. Вишневский, А. И. Ярхо, М. А. Гремяцкий, Л. В. Ошанин и др.) были предметом широкого обсуждения в секции антропологии, и эти вопросы связывались с современным состоянием наших знаний по генетике человека (евгенике), биохимическим свойствам рас и др. Особо интересным был пленарный доклад В. Я. Рубашкина — „Кровяные группы“ (серологическая характеристика рас).

В заключение этой очень короткой характеристики IV съезда зоологов следует упомянуть, что работы по подготовке съезда и по изданию печатающихся „Трудов съезда“ провела киевская группа зоологов во главе с председателем организационного комитета И. И. Шмальгаузенем при широкой поддержке административных и общественных учреждений и организаций г. Киева. Председателем съезда был единогласно избран Н. М. Книпович. Следующий съезд намечен в декабре 1932 г. в Москве.

Секретарь съезда

Н. М. Воскресенский.

I Всесоюзный съезд по садоводству и огородничеству состоится в Ленинграде с 15 по 22 декабря 1930 г. при Институте растениеводства под председательством В. В. Пашкевича. Работу съезда предполагается направить по следующим трем основным разделам с подразделением на секции:

а) Раздел реконструктивных мероприятий; секции: 1) организация хозяйства, 2) потребление продукции, 3) индустриализация и механизация, 4) декоративное садоводство и общественные насаждения.

б) Раздел научно-исследовательский; секции: 1) научных исследований, 2) районирования и стандартизации.

в) Раздел образования и популяризации, куда входит одна секция — подготовка кадров.

Со всеми вопросами, касающимися съезда, надлежит обращаться по адресу: Ленинград, ул. Герцена, 44, Орг. комитет по созыву съезда по садоводству.

Потери науки

В. В. Бартольд. 19 августа скоропостижно скончался от уремии в возрасте 60 лет академик Василий Владимирович Бартольд.

Покойный ориенталист был общепризнанным авторитетом в области истории мусульманского востока, но здесь мы хотели бы отметить его выдающиеся труды по исторической географии, к каковым всегда приходится прибегать и натуралисту, изучающему Туркестан и Персию. Географические проблемы, интересовавшие В. В. Бартольда, относятся как-раз к числу таких, разрешение которых имеет чрезвычайную важность и для натуралиста, и для практического деятеля.

Покойный много работал по вопросам о древнем течении Аму-дарьи по Узбою и о древних оросительных каналах в Туркестане. Труды Бартольда доказано, что с половины XIII столетия и по середину XVI-го часть вод Аму-дарьи по Узбою попадала в Каспийское море. Этот вывод тем важнее, что некоторые натуралисты были склонны вообще отрицать возможность течения воды по Узбою. Исследование В. В. Бартольда по этому вопросу под названием „Сведения об Аральском море и низовьях Аму-дарьи с древнейших времен до XVII века“ напечатано в „Известиях Туркестанского отдела географического общества“ (IV, 1902). Труд этот в 1910 году был опубликован на немецком языке в серии „Quellen und Forschungen zur Erd- und Kulturgeschichte“, т. II. Необходимо далее отметить замечательное исследование покойного „К истории орошения Туркестана“, написанное по специальному поручению ведомства земельных улучшений. В этом труде (174 стр.), помещенном в „Сельском хозяйстве и лесоводстве“ за 1914 год, сообщаются подробные сведения о древних оросительных каналах в Турмении, в бассейнах Аму-дарьи, Зеравшана, Кашкадарьи и Сыр-дарьи. В предисловии к этой работе В. В. Бартольд пишет: „При обсуждении проектов оросительных работ неоднократно воз-

¹ Освещение их работ следовало бы сделать в отдельных обзорах.

буждались вопросы, касавшиеся культурного прошлого тех же местностей; тем не менее труды русских ориенталистов и археологов об историческом прошлом Туркестана и памятниках этого прошлого имели крайне ограниченный круг читателей и, за немногими исключениями, не становились известными специалистам по физической географии и гидротехнике. Даже выдающимися представителями географической науки высказывались предположения, не соответствовавшие точно установленным историческим данным, возбуждались вопросы, в действительности уже разрешенные исторической наукой; были даже случаи, что авторы трудов по гидротехнике упрекали русских ориенталистов за равнодушие к историческим памятникам, о которых в действительности уже имелся на русском языке подробные исследования (автор имеет в виду развалины Мерва).

Из других работ покойного укажем на „Историко-географический обзор Ирана“ (СПб., 1903) и на чрезвычайно полезный труд „История изучения востока в Европе и в России“ (СПб., 1911), вышедший двумя изданиями у нас и переведенный в 1913 г. на немецкий язык.

В заключение несколько биографических сведений о покойном ученом. В. В. Бартольд родился 3 ноября 1869 г. в Петербурге; отец его происходил из Риги. Окончив в 1891 г. факультет восточных языков Петербургского университета, В. В. с 1896 года приступил здесь к чтению лекций. В 1900 г., защитив магистерскую диссертацию „Туркестан в эпоху монгольского нашествия“, получил степень доктора истории востока. В 1913 году избран членом Академии Наук. В. В. Бартольд неоднократно посещал Туркестан, Кавказ, Турцию. Принимал деятельное участие в жизни Географического общества, членом совета которого состоял в течение многих лет. В Туркестане, как, впрочем, и везде, покойный пользовался величайшим уважением, о чем свидетельствует изданный в 1927 году в Ташкенте сборник „В. В. Бартольду“ (556 стр.). Неожиданная смерть Василия Владимировича в расцвете его научной деятельности глубоко поразила всех, знавших и ценивших покойного.

Л. Берг.

И. И. Полянский. 14 июня с. г. внезапно скончался в Слуцке (б. Павловске) в полном расцвете своего выдающегося педагогического и литературного дарования один из наиболее видных в Союзе деятелей в области естественнонаучного просвещения, профессор методики естествознания и биологии Иван Иванович Полянский. Ученик Шнигевича, И. И. с первых шагов своей научной и педагогической деятельности быстро выдвинулся благодаря своим исключительным способностям из числа многих других биологов школы этого крупнейшего русского натуралиста. Уже спустя два года по окончании университета, И. И. стал преподавателем на курсах при Педагогическом музее для подготовки учителей естествознания, а еще через два года перешел на преподавательскую деятель-

ность в высшую школу, которую и не покидал до конца своей жизни. Мы видим его последовательно профессором Высших женских естественно-научных курсов, Сельскохозяйственного института, Герценовского педагогического института и некоторых других высших учебных заведений. Но стены высшей школы не могли ограничить работы такого живого человека, каким был И. И. Убеденный сторонник преподавания естествознания в начальной и средней школе, он задолго до революции неустанной и



И. И. Полянский.

умелой пропагандой не только способствовал расширению и улучшению естественно-научных программ в низших и средних учебных заведениях различных министерств, но и пробил большую брешь в цитаделях синода, добившись введения естествознания в школах этого ведомства.

Как истый натуралист, И. И. обычно развивал в наивысшей мере свою кипучую энергию в летние месяцы, когда легче и полнее всего осуществляется сближение естествознания с жизнью и природой. В это время можно было его встретить и в окрестностях Ленинграда, и на Кавказе, и на Украине, где под его мастерским руководством среди самой природы учились педагогическому делу и пополняли свои знания преподаватели естественных наук. Итоги своей практической деятельности И. И. подводил в многочисленных печатных работах, и многие из них следует назвать образцовыми как с научной, так и с литературной точек зрения. Некоторые естественно-научные книги И. И. раскупались, можно сказать, нарасхват. Популярнейший в свое время учебник Полянского „О трех царствах природы“ выдержал 14 изданий,

Очень полезная и в настоящее время книга „Сезонные явления в природе“ вышла в 4 изданиях. Единственное в своем роде методическое руководство И. И., не превзойденное до сих пор никем в некоторых весьма существенных отношениях, „Методика начального естествознания“, было удостоено премии имени Петра I. Только-что были закончены им, но увы не увидели света при его жизни, два основных, больших его труда: „Биологические основы народного хозяйства“ и „Биологическое руководство к ботаническим экскурсиям“. В них, как и везде в своих работах, И. И. является новатором. Весьма жизненны и оригинальны между прочим его недавние работы, выводящие в значительной степени ученический эксперимент из школьной лаборатории в природу, как то: „Школьные опыты и наблюдения над снегом“, „Почва в школьном изучении“, „Постановка опытов по физиологии растений в природе“ и другие.

Все они, так же как и созданные им журналы „Экскурсионное дело“ и „Исследуйте природу“ и редактированные им серии книг „Библиотека натуралиста“ и „Методическая библиотека по естествознанию“, свидетельствуют о настойчивом проведении им в жизнь основного методического принципа, требующего ознакомления учеников с естественно-научными явлениями при посредстве самостоятельного наблюдения и опыта над самой природой, путем правильного, делового, а не на словах только, применения опытно-исследовательского метода. Особенно показательна и ценна в этом отношении его самая последняя печатная работа „Эволюционное мировоззрение путем наблюдения в природе“. Удачно подобранный, обильный и интересный материал этой книжки неизбежно приводит ученика на основании его собственных, самостоятельных наблюдений, а не разучиванием нескольких параграфов из учебника, к прочному эволюционному мировоззрению.

Отсюда ясно, почему И. И. был горячим приверженцем экскурсионного дела. Его совершенно исключительная по своим богатым результатам деятельность в указанном направлении дает право назвать его не только одним из самых видных, но пожалуй и наиболее выдающихся работником в этой области за последнее время. Ведь фактически прежде всего и главным образом И. И. Полянским с помощью умело подобранных компетентных сотрудников призваны были к жизни десять естественно-исторических экскурсионных станций в окрестностях Ленинграда, обслуживавших не только Ленинград, но и Ленинградскую область. Не даром Ленинградский отдел народного образования в 1928 г. призвал за рассматриваемой стороной деятельность И. И. „крупное общественно-педагогическое значение“.

Любимым детищем И. И. в экскурсионной работе была впервые по времени организованная им экскурсионная станция в б. Павловске. Ей он отдавал в течение более десяти лет помимо значительной части своего служебного времени и все свои досуги. Прекрасная постановка как экскурсионного, так и всего

учебного дела на этой станции требует по справедливости присвоения ей имени ее бессменного и талантливого руководителя. Здесь И. И. ежегодно устраивал для учителей и студентов по два, а то и более „курсов по естествознанию с сельскохозяйственным и краеведческим уклонами. Здесь совместно с ним вырабатывали новые учебные методы покойный В. М. Шимкевич и ряд ныне здравствующих первоклассных деятелей науки и педагогики.

И. И. умел привлекать к себе и своему делу крупных и хороших людей, потому что сам он был крупным и хорошим человеком.

М. М. Соловьев.

РЕЦЕНЗИИ

Уэллс, Гидеон. Химия иммунитета. Перев. с англ. Гос. мед. издат., 1929, 343 стр. Ц. 2 р. 20 к. Уэллс, Гидеон. Иммунология как отрасль химии. Перев. с англ. Гос. издат., 1930, 72 стр. Ц. 50 к.

Учение об иммунитете (невосприимчивости к заразным болезням), являющееся по существу одним из отделов биохимии, исторически развивалось в стенах бактериологических лабораторий и до недавних времен создавалось главным образом трудами врачей. Даже Пастер, химик по образованию, давший так много для бактериологии и для учения об иммунитете, в этой последней области в гораздо меньшей степени проявил себя как химик, чем например в области изучения бродильных процессов. Следствием этого было то обстоятельство, что иммунология до известной степени оторвалась от своей законной почвы — биологической химии, выработала свою собственную, отчасти искусственную, терминологию и свой способ мышления и пользовалась своеобразными методами исследования, высоко ценными и совершенно необходимыми, но не исчерпывавшими именно химической стороны процессов. Однако целый ряд исследователей (и врачей и не-врачей) с давних пор подходил к изучению проблем иммунитета с чисто химической стороны, и если иммунология еще не стала отраслью биохимии, то фундамент для этого уже заложен.

В очень обстоятельной монографии „Chemical aspects of immunity“ (изд. в 1925 г. Американским химическим обществом, русск. изд. 1929 г.) Г. Уэллс, профессор патологии Чикагского университета, дает сводку добытых до сих пор точных знаний о химии иммунитета. В позднейшей брошюре: „Immunology as a branch of chemistry“ (русск. изд. 1930 г.) Уэллс в более суммарной и популярной форме отмечает успехи, достигнутые в этом направлении, приводит примеры применения иммунологических методов для решения труднейших химических проблем (в особенности в области химии белков) и указывает ряд случаев, где методами иммунитета решались вопросы филогенеза и онтогенеза из области как зоологии, так и ботаники. Следует приветствовать появление этих книг на русском языке.

А. А. Садов.

В. Гир. В мире резины. Перевод с английского под ред. проф. Б. В. Бызова, с приложением статьи И. Г. Бачурина. Предисловие М. Бреннер. Изд. завода „Красный Треугольник“, 1929. Ц. 1 р. 50 к.

Среди популярных книг по каучуку, книжка Гира смело может быть названа наилучшей и превосходнейшей. Она интересна для лиц, ничего еще не знающих о каучуке и не обладающих даже элементарной подготовкой для чтения научно-популярной литературы. Она также с большим вниманием и интересом прочтется лицами, уже знакомыми с каучуком, и даже специалистами этого дела, ибо охватывает предмет с совершенно иной точки зрения и в другой форме, чем это делают другие авторы. Больше того, она способна заинтересовать людей, совсем не интересовавшихся ранее каучуком. В этой книге автор дает краткую историю изобретений в области технологии каучука, показывающую, с каким трудом и какими путями шла человеческая мысль, прежде чем были достигнуты замечательные успехи современности. Далее автор останавливает внимание читателя на источниках получения сырого каучука из растений и на переработке его в резиновые изделия и, наконец, дает превосходный обзор различного рода применений резины и ее колоссального значения в промышленности, общественной жизни и быте. Во всем изложении, как верно отметил в своем предисловии Бызов, сквозит большая любовь автора к своему делу и желание возбудить живой интерес к резине с тем, чтобы содействовать правильной пониманию той ответственности, которая возложена на изделия из нее, и чтобы побудить к попыткам усовершенствования изготовления изделий и расширению сферы его применения. С внешней стороны книжка издана превосходно, все рисунки исполнены на отдельных листах на меловой бумаге. Цена чрезвычайно низка.

О. Звягинцев.

Р. Кешни (R. Cushny). Руководство по фармакологии (Pharmacology and therapeutics), вып. 1, перевод (с 9-го посмертного издания) М. Горбуновой под ред. проф. В. В. Савич. Издание Научного хим.-техн. изд., Л., 1930. Ц. 5 р. 75 к.

За последние годы в русской медицинской литературе появился ряд фармакологических руководств: наряду с посмертным, выдержавшим несколько изданий, руководством проф. Крайкова вышли в свет новые, переработанные и дополненные учебники проф. Скворцова, Вершинина, Лаврова. Но во всех этих руководствах есть много недостатков: освещение многих вопросов устарело, не соответствует современному состоянию фармакологии, физиологии и терапии, нередко второстепенным вопросам уделяется слишком много внимания в ущерб другим, более важным, например, терапевтическому показанию и противопоказанию; дозировка лекарственных средств во многом не соответствует требованиям современной государ-

ственной фармакопеи. В силу этих обстоятельств нельзя не приветствовать появление перевода руководства английского фармаколога Кешни; в настоящее время вышел первый выпуск. Расположение материала в этом руководстве сделано чрезвычайно целесообразно, применительно к терапевтическим показаниям: все лекарственные вещества распределены на три группы: группа веществ, применяемых для местного действия, группа средств, действующих после всасывания в кровь, и группа тяжелых металлов. Это деление весьма облегчает усвоение предмета и соответствует методике преподавания фармакологии в учебных заведениях. Общая часть фармакодинамики представлена в полном согласии с современным представлением о действии ядов на протоплазму; это изложение облегчает понимание отдельных сторон частной фармакологии. Весь фармакологический анализ проведен тщательно и строго последовательно, не выходя из рамок точно установленных фактов; во всем руководстве нельзя найти предпочтения автором той или другой теории или гипотезы, он вообще избегает подробного изложения спорных вопросов, фиксируя внимание на известных, экспериментально твердых данных. Материал преподносится читателю кратко и лаконично, но усвоение его предполагает знакомство с основными главами физиологии. При чтении книги Кешни становится трудным определить, какой отдел изложен лучше, все сделано прекрасно. В руководстве имеются главы, отсутствующие во многих русских фармакологиях, однако имеющие в настоящее время актуальное значение для фармаколога и клинициста: токсины, антитоксины, витамины и добавочные факторы питания. В книге имеется достаточное количество прекрасных кривых и схем, помогающих разобраться в сложных вопросах фармакодинамики. Для студента и врача руководство Кешни принесет несомненную пользу в изучении фармакологии и целесообразного применения лекарственных средств у постели больного. Редактор сделал ряд важных дополнений к отдельным главам руководства, полезных как для медиков, так и для ветеринаров, для которых он собственно и предназначал свой перевод (дозировка для животных); многие из этих дополнений сделаны по русским источникам. Руководство Кешни является в настоящее время настольной книгой и для фармаколога-преподавателя, так как многочисленные специальные книги (особенно немецкие) страдают рядом недостатков: неясностью изложения, некатегоричностью выводов, подробным описанием сущности различных теорий, частью противоречащих друг другу. Врач-клиницист в предлагаемой книге найдет строго экспериментальные основы рациональной фармакотерапии, которые помогут ему осторожнее подходить к некоторым вопросам терапии; большую помощь в этом отношении окажет приведенная в конце II вып. классификация ядов по терапевтическому их применению.

А. Кузнецов.

Исправление

По недосмотру автора в № 3 „Природы“ за текущий год в статье „Зима 1929—30 г. с синоптической точки зрения“ вкралась неточность: на стр. 307 примечание 2 следует начать словами, перенесенными из текста, „год считался с 1 IX“, и дополнить примечание следующей справкой: До Московского Собора 1492 г. начало годов в различных летописях считалось различно — 1 III, 25 III, 25 XII, 1 IX и пр. Собор постановил считать с 1 IX. Новгородские летописи могли считать 1161 г. с 1 III, и таким образом последующая зима по этому счету имела бы ту же дату, а по современному счету ее надо было бы считать зимой 1161—1162 г. Ср. А. Афанасьев. Поэтические воззрения славян на природу, т. III, гл. 28, и Winkel. Die Chronologie Heinrichs des Letten verglichen mit den Zeitangaben einiger russischen Chroniken. Bull. de la classe histor.-philol. de l'Acad. des Sc. de St.-Petersb., t. XI, 1854.

БИБЛИОГРАФИЯ

Издания Академии Наук СССР по естествознанию, вышедшие в июне 1930 г.

Bulletin des stations de 1-e classe du réseau sismique de l'URSS, № 1—3, Janvier — Mars 1928, стр. 31. Без цены. То же, № 4—6, Avril — Juin 1928, стр. 37. Без цены. То же, № 2, Février 1930, стр. 7. Без цены.

Доклады Академии Наук СССР, А, 1930, № 13, стр. 321—349, фиг. 5. Ц. 30 к. И. Д. Курбатов и В. А. Каргин. О химическом составе и свойствах крымского кила.—Г. Н. Фредерикс. Палеозой Урала.—Б. М. Куплетский. К минералогии Хибинских Тундр.—Б. А. Гаврусевич. Новая находка пальгорскита на Украине.—Г. Г. Лемлейн. Коррозия и регенерация кварцевых вкрапленников в кварц-порфирах.—А. А. Сауков. Месторождения сурьмы и молибдена в районе Новотроицка на Урде в Забайкалье. То же, № 14, стр. 351—380, фиг. 4. Ц. 30 к. Н. Д. Зелинский. О химической природе пещорского битума.—Б. Г. Галеркин. К вопросу об исследовании напряжений и деформаций в упругом изотропном теле.—V. Barovskij. Descriptio duarum novarum specierum generis Dictyoptera Latr. (Coleoptera, Lycidae) Asiae Orientalis.—Л. И. Якубова и Е. Н. Малых. Явления временного анаэробноза у некоторых представителей бентоса Черного моря.—Н. Н. Кузнецов-Угамский. К вопросу о факторах эволюции фаунистических комплексов.—N. Filirjev. Lepidopterologische Notizen. VII. Eine neue Tortricidengattung aus den Gebirgen des Ussurigebietes.—V. Rylov. Vorläufige Mitteilung über das Plankton des Kardyatsch-Sees (Nordwest-Kaukasus). То же, № 15, стр. 381—409, фиг. 1. Ц. 30 к. В. Н. Ипатьев. О целлюлозе из сахара.—А. Е. Чичибабин. О кислотах бакинской нефти.—А. П. Карпинский. Об

изучении проблематических объектов и явлений: исследование остатков Helicoripon.—О проблематическом ископаемом из палеозойских слоев Северного Урала.—О псевдоморфическом образовании серого чугуна по обломку дерева.—В. Г. Хлопин и Б. А. Никитин. К вопросу о содержании радия в нефтяных водах Грозненского района.—В. И. Вернадский. К вопросу радиоактивности нефтяных буровых вод.—А. В. Гроссе. Рентгеновский спектр элемента 91—экагантала. I. Серия L.—Г. В. Пфейфер. Обобщение способа Якоби интегрирования полных систем линейных однородных уравнений. Ежегодник Зоологического музея. 1928. Алфавитный указатель к тому XXIX, стр. XXV. Без цены.

Материалы Комиссии по изучению естественных производительных сил СССР, № 78, стр. 53, фиг. 7, карт 1. Ц. 1 р. 25 к. Подземные воды Европейской части СССР. Под редакцией В. И. Луццкого и Б. Л. Личкова, вып. 2. Б. Л. Личков. Подземные воды района Украинского кристаллического массива. То же, № 79, стр. 79. Ц. 2 р. Ф. Я. Аносов. Ванадий в некоторых осадочных породах. Отдельные вопросы по его геохимии. То же, № 80, стр. 231, фиг. 32, карт 6. Ц. 4 р. Вечная мерзлота. Предисловие.—М. И. Сумгин. Современное положение исследования вечной мерзлоты в СССР и желательная постановка этих исследований в ближайшем будущем.—А. А. Григорьев. Вечная мерзлота и древнее оледенение.—Е. В. Мальченко. Климатические условия в районе мерзлоты.—Б. Н. Горючков. Вечная мерзлота и растительность.—Н. Н. Калитин. Роль актинометрии в разрешении проблемы вечной мерзлоты.—А. А. Петровский. Электрометрические способы определения глубины залегания вечной мерзлоты.—Н. А. Цытович. Вечная мерзлота как основание для сооружений.—П. И. Колосков. К вопросу о тепловой мелиорации в областях вечной мерзлоты и глубокого промерзания почвы.

Материалы Комиссии по изучению Якутской Автономной Советской Социалистической Республики, вып. 35, стр. 48, табл. 7, карт 1. Ц. 1 р. 50 к. П. К. Хмызников. Предварительный отчет о работе Янского гидрологического отряда Якутской экспедиции 1927—1929 годов и вопросы судоходства по реке Яне.

Материалы Комиссии по исследованию Монгольской и Тувинской Народных Республик и Бурято-Монгольской АССР, вып. 9, стр. 149, фиг. 21, табл. 9, карт 4. Ц. 3 р. 50 к. Предварительный отчет Почвенно-географической экспедиции в Северную Монголию в 1926 г. Предисловие.—Б. Б. Польшов и В. И. Лисовский. Рекогносцировочные исследования в области Северной Гоби.—Н. Н. Лебедев и Ю. С. Неуструев. Почвенно-географические исследования 1926 года в бассейне озера Ихэ-Тухум-нора.—А. Н. Криштофович. Заметка о растительных отпечатках из окрестностей озера Ихэ-Тухум-нора в Монголии, собранных Почвенно-географической экспеди-

цией 1926 года. — И. П. Хоменко. Фауна песчаников Джаргалантской свиты, собранная Почвенно-географической экспедицией 1926 года. *То же*, вып. 10, стр. 64, фиг. 7. Ц. 1 р.

Материалы Комиссии экспедиционных исследований, вып. 27, Серия киргизская, стр. 284, фиг. 45. Ц. 4 р. Р. И. Аболин и М. М. Советкина. Горные пастбища Талас-Сусамырского района Киргизской АССР. *То же*, вып. 28, Серия северная, стр. 191. Ц. 3 р. *Сборник материалов по истории Кольского полуострова в XVI—XVII вв.* Предисловие. — А. И. Андреев. Исторические материалы о Кольском полуострове из монастырских архивов. — А. И. Андреев. Исторические материалы о Кольском полуострове, хранящиеся в Ленинграде. — Н. И. Ульянов. Исторические материалы о Кольском полуострове, хранящиеся в Московском древлехранилище. — Указатель личных имен. *То же*, вып. 30, Серия киргизская, стр. 218, фиг. 15, карт 2, Ц. 4 р. *Материалы по геологии и геохимии Тянь-шаня, часть I.* Предисловие. — Н. М. Прокопенко. Термальные источники среднего и восточного Тянь-шаня. — Н. В. Тагеева. Геолого-минералогический очерк района Биштан в Таласском Ала-тау. — Н. В. Тагеева. Материалы по минералогии северозападной части Нарынского кантона Киргизской АССР. — Н. Н. Пальгов. Каталог полезных ископаемых Джетысу (Семиречье).

Паразитологический сборник, 1, стр. 260, фиг. 20, табл. 22. Ц. 5 р. Е. Н. Павловский. Краткий очерк организации и деятельности Постоянной комиссии по изучению малярийных комаров при Зоологическом музее Академии Наук СССР за первые пять лет (1924—1929). — Е. Н. Павловский и А. К. Штейн. Экспериментальное исследование над действием клеща *Rhizoglyphus hyacinthi*, вызывающего у человека своеобразную форму дерматита. — В. Н. Беклемишев. О значении коллоидно-дисперсных веществ в питании личинок *Aporheles*. — П. И. Симанин. К вопросу об экспериментальном заражении комаров тропической малярией. — Л. В. Буракова. Развитие *Phlebotomus* в лабораторных условиях. — Б. А. Каганова и А. С. Мончадский. К вопросу об определении стадии и возраста у личинок *Culicidae*. — П. П. Перфильев. Некоторые данные по сравнительной анатомии малярийных комаров. — Ю. Н. Вагнер. Аналитические таблицы для определения видов *Aphaniptera*, живущих на *Muridae*. — И. Г. Иофф и В. Е. Тифлов. К фауне и экологии блох лесостепи. — В. Н. Казанцев. К вопросу об изменчивости рисунка и окраски крыльев комаров рода *Aporheles* Средней Азии. — Е. Н. Павловский и А. А. Месс. — Биологические наблюдения над черноногим малярийным комаром *Aporheles plumbeus* Hal. в районе кавказских минеральных вод. — Б. И. Долбежин, В. В. Горичкая и Ю. П. Митрофанова. Описание нового вида рода *Aedes* (in sp.) из восточной Европы. А. A. Rodé. *An excursion to the Lisino experimental forest of the Leningrad technical*

academy of forestry, стр. 52, табл. 4. Бесплатно.

Труды Полярной комиссии, вып. 2, стр. 68, фиг. 8. Ц. 1 р. 50 к. А. И. Толмачев. Флористические результаты Колгуевской экспедиции Института по изучению Севера в 1925 г. — В. Б. Сочава. О пятнистых тундрах Анадырского края.

Труды Сейсмологического института, № 3, стр. 13, фиг. 5, карт 1. Ц. 50 к. Н. В. Райко. Эпизентральная зона крымских землетрясений. *То же*, № 4, стр. 20, фиг. 12. Ц. 50 к. Н. К. Вешняков. Сейсмометрическое исследование некоторых мостов г. Ленинграда.

Другие издания

Астрономический журнал, т. VII, № 1, стр. 71. Гос. изд., 1930. Ц. 2 р. 50 к. Б. М. Шигелев. О распределении абсолютных величин звезд. — Э. А. Струве. Приближенное улучшение орбиты малой планеты 150 (Nuwa). — С. К. В с е х с в я т с к и й. Каталог эффективных температур 160 звезд по наблюдениям, произведенным в Одессе в 1928 г. — П. П. Паренато. Кривые яркости δ Serpeii в 1922—1929 гг. — П. П. Паренато. Яркости звездных куч и туманностей. — М. М. Мусселиус и Г. Р. Федоров. Опыт совместного определения времени пассажным инструментом и по способу Цингера. — Г. Р. Федоров. К характеристике метода определения времени по соответственным высотам звезд (способ Цингера).

Журнал Русского физико-химического общества при Ленинградском университете. Часть физическая, т. XII, вып. 1, стр. 94. Гос. Изд. Л. 1930. Ц. 2 р. Е. Н. Грибанов. К вопросу о способах измерения вакуума электронных ламп. — Я. А. Рыфтин. Тепловой прибор для настройки колебательных контуров и измерения постоянных колебательных цепей, периода и декремента затухания. — А. Случановский. Об одной задаче электродинамики. — Н. Семенов. К теории адсорбции и конденсации. — Б. Н. Финкельштейн. Два замечания относительно теории вязкости растворов электролитов. — А. А. Махалов. К вопросу об экспериментальном определении статической диэлектрической постоянной твердых тел. — М. В. Мачинский. К теории реверберации помещения, имеющего форму параллелепипеда. — М. В. Мачинский. Суммовые комбинационные тона (интерференции) высоких порядков. — М. В. Мачинский. О влиянии интерференций на процесс затухания.

Записки Государственного Никитского опытного ботанического сада, т. XIII, вып. 1, стр. 70. Изд. Никитск. бот. сада. Ялта. 1930. Без цены. Г. В. Воинов. Парковая растительность Крыма.

Записки по гидрографии, издаваемые Гидрографическим управлением, т. LXI, стр. 72, фиг. 36. Изд. Гидрограф. упр., Л. 1930. Ц. 1 р. А. Т. Куценко. Остров Кумани. — А. В. Серолов. К уходу за опрокидывающимися термо-

метрами системы Рихтера.— Н. В. Малиновский и Течения у плавучего маяка Ашур-адс.— В. В. Борисов. Трангуляционные работы в районе побережья Баку—Петровск.

Известия Академии крупного социалистического сельского хозяйства им. К. А. Тимирязева, кн. 5, стр. 319. Изд. „Новый агроном“, М. 1930. Бесплатно. А. П. Дьяконов. О влиянии внешних условий на число волокон в льняном стебле.— А. П. Дьяконов. К анатомии стебля конопля.— А. Н. Клечетов. Несколько слов о новых грибах на льне.— А. Н. Клечетов. Посевное семя и почва как источник заражения льна.— И. Г. Ритус. К вопросу о влиянии сорных растений *Samelina lipicola* и *Lolium lipicola* на лен-долгунец.— Т. М. Ритус-Потапова. К материалам по биологии льняных блошак в связи с разными сроками посева льна-долгунца.— В. С. Клубов и П. Л. Маслова. Обследование морфологических и физико-механических признаков льняных стеблей.— А. М. Щепетильникова. К методике определения жира в семенах льна.— А. М. Щепетильникова. Упрощенный метод *Denigès* определения фосфорной кислоты в почвах.— С. А. Леонов и А. П. Дьяконов. К вопросу о содержании масла в семенах льнов разных мест происхождения.— И. С. Шулов. Исследование жира в опытных урожаях льносемян 1928 года.

Известия Государственного Гидрологического института, № 26—27, стр. 167. Изд. Гос. Гидр. инст., Л. 1930. Ц. 3 р. А. С. Случановский. Малые колебания вязкой несжимаемой жидкости между двумя концентрическими сферами.— П. В. Мелентьев. Вычисления расхода реки.— А. Витоль. О влиянии сил инерции на процесс просачивания пористых вод.— Н. И. Масленников. Наблюдения над ледяным покровом оз. Кабан в зимы 1926—27 и 1928—29 гг.— В. Я. Альтберг. Наблюдения в Кунгурской ледяной пещере в 1928 г.— Т. П. Марютин. Новые гидрометрические вертушки.— Е. М. Крепс. О круговороте фосфатов и нитратов в Барен-

цовом море.— А. А. Егорова. Бактериологический анализ воды Петрозаводской губы.— К. М. Дерюгин. Исследования в восточной части Финского залива в 1929 г.— В. П. Матвеев. Опыты приготовления титрованного раствора гипосульфита на природных водах.

Материалы по общей и прикладной геологии, вып. 146, стр. 35, табл. 2. Изд. Геол. ком. М.-Л. 1930. Ц. 2 р. И. В. Пуаре. Красногорское месторождение огнеупорной глины на Северном Кавказе.

Работы Новороссийской биологической станции им. В. М. Арнольди, вып. 4, стр. 185, Нар. ком. просвещ. РСФСР. Новороссийск. 1930. Без цены. В. Водяницкий. К вопросу о происхождении фауны рыб Черного моря.— Н. Морозова-Водяницкая. Сезонная смена и „миграция“ водорослей Новороссийской бухты.— В. Водяницкий. Пелагические яйца и личинки рыб в районе Новороссийской бухты.— В. Водяницкий. К познанию фауны озера Абрау.— Н. Морозова-Водяницкая, Материалы к санитарно-биологическому анализу морских вод.— В. Водяницкий. Дополнения к статье „Пелагические яйца и личинки рыб в районе Новороссийской бухты“.

Труды Института почвоведения и геоботаники Среднеазиатского Государственного университета, вып. 3, Казакстанская серия, стр. 266, карт 1. Изд. Нар. ком. земл. Казакской АССР и Инст. почвовед. и геобот. САГУ, Ташкент, 1930. Ц. 5 р. А. М. Надеждин. Почвенный покров северной части Алмадинского округа Казакской АССР.

Успехи физических наук, т. X, вып. 3, стр. 325—436. Гос. изд., 1930. Ц. 90 к. У. Г. Брэгг. Стрение целлюлозы в свете рентгеновского анализа.— Н. Семенов. Простейшие химические реакции.— К. Чибисов. Механизм образования скрытого и видимого фотографического изображения.— Дж. Берналь. Проблема металлического состояния.— М. И. Корсунский. Определение абсолютного значения длин волн рентгеновых лучей.

Напечатано по распоряжению Академии Наук СССР

Ноябрь 1930 г.

Непременный секретарь академик В. Волгин

Представлено в Редакционно-издательский совет в сентябре 1930 г.

Ответственный редактор академик А. Е. Ферсман.

ПОСЛЕДНИЕ ИЗДАНИЯ
Комиссии по изучению естественных производительных сил Союза
Академии Наук СССР (КЕПС)

Ленинград, 1, В. О., Таможенный пер., д. 2, тел. 5-55-78

„Материалы по изучению естеств. произв. сил СССР“

- № 71. Материалы 2-го совещания по полемическому шпату. Сборник. 116 стр. 7 черт. Ц. 2 р. 25 к.
- № 72. Лес, его изучение и использование. Сборник 3-й. XXX + 228 стр. 11 черт. Ц. 4 р. 80 к.
- № 73. Карбугаз и его промышленное значение. Сборник. 3-е издание. 409 стр. 30 фиг., 9 карт, 24 табл. Ц. 6 р.
- № 74. Песец и песцовый промысел в СССР. А. А. Парамонов. 129 стр. 8 фиг., 1 карта. Ц. 2 р. 50 к.
- № 75. Желтый уголь. Б. П. Вейнберг. 64 стр. 15 фиг., 2 карты. Ц. 1 р. 30 к.
- № 76. Белый уголь Алтая. О. К. Блумберг. 196 стр. 11 фиг., 2 табл., 8 проф. Ц. 6 р.
- № 77. К исследованию гипса. П. П. Будников. 180 стр. 64 фиг. Ц. 4 р. 50 к.
- № 78. Подземные воды Украинского кристаллического массива. Б. Л. Личков. 53 стр. 7 фиг., 1 карта. Ц. 1 р. 25 к.
- № 79. Ванадий в некоторых осадочных породах. Ф. Я. Аносов. 79 стр. Ц. 2 р.
- № 80. Вечная мерзлота. Сборник. 231 стр. 32 фиг., 6 карт. Ц. 4 р.
- № 81. Глаукозит и глаукозитовые породы Европейской части СССР. В. С. Малышева. 100 стр., 4 фиг. Ц. 2 р. 50 к.

„Известия“

- Известия Бюро по генетике. № 7. 107 стр. 32 фиг. Ц. 2 р. 25 к.
- То же. № 8. 158 стр. 88 фиг. Ц. 3 р. 50 к.
- Известия Ин-та физ.-хим. анализа. Том IV, вып. 1. 340 стр. 71 черт., 5 табл. фот. и 1 табл. микрофот. Ц. 6 р. 50 к.
- То же. Том IV, вып. 2. 530 стр. 71 рис. Ц. 7 р.
- Известия Сапропелевого комитета. Вып. 5. 210 стр. 12 фиг., 1 табл. Ц. 5 р. 75 к.
- Известия Ин-та по изучению платины и др. благородных металлов. Вып. 7. 332 стр. 37 фиг., 9 табл. микрофот. Ц. 4 р. 20 к.

„Труды“

- Труды Географического отдела КЕПС. Вып. 2. 248 стр. 34 фиг., 4 табл. Ц. 5 р.
- То же. Вып. 3. (Печатается).

„Отчеты“

- № 22. Объединение научных исследований по биологии тутового и других шелкопрядов. Сборник. 17 стр. Ц. 35 к.
- № 23. Инструкция для составления кадастра водных сил СССР. Н. В. Симонов. 10 стр., бланк кадастра. Ц. 30 к.

Издания вне серий

- Хлопководство в Туркестане. В. И. Юферев. 160 стр. 1 черт., 1 карта в красках, 8 фотогр. на отд. табл. Ц. 3 р. 95 к.
- Почвы Туркестана. Л. И. Прасолов. 95 стр. 1 карта в красках, 9 фотогр. на отд. табл. Ц. 2 р. 50 к.
- Эчки растительности Туркестана. Б. А. Федченко. 55 стр. 1 карта в краск. Ц. 1 р. 25 к.
- Указатель литературы по животному миру Туркестана. М. М. Иванова-Берг. 235 стр. Ц. 5 р. 30 к.
- Геологический очерк Туркестана. Д. И. Мушкетов. 162 стр. 8 диагр., 1 карта в краск. Ц. 3 р.
- Указатель литературы по гидрологии среднеазиатских республик и Казакстана. Е. А. Вознесенская и А. И. Рабинерсон. 115 стр. Ц. 2 р. 40 к.
- Нерудные ископаемые. Т. IV. (Дополнения). Сборник. 390 стр. Ц. 6 р. 50 к. (в кол. перепл. 7 р. 50 к.).
- Каменные строительные материалы Прионежья. Ч. I. Кварциты и песчаники. В. М. Тимофеев. 83 стр. 14 черт., 6 фотогр., 12 микрофот. Ц. 1 р. 50 к.
- Медная промышленность в СССР и мировом рынке. Ч. III. А. Д. Брейтерман. 360+XXXVIII стр. 3 карты. Ц. 5 р. 50 к.

Цена 70 коп.

1930
ГОД

ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА
НА
НАУЧНОПОПУЛЯРНЫЙ
ЕСТЕСТВЕННОИСТОРИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

19-й
ГОД
ИЗДАНИЯ

„ПРИРОДА“

основанный в 1912 г. и издававшийся Н. К. Кольцовым, Л. В. Писаржевским, Л. А. Тарасевичем и А. Е. Ферсманом

СОДЕРЖАНИЕ

предыдущего номера журнала „ПРИРОДА“
№ 7—8

Т. К. Лепин. Юрий Александрович Филипченко (с 1 порт.).

Генри Осборн. Открытие третичного человека (с 2 фиг.).

Акад. М. А. Мензбир. О сочетании факторов, обусловившем развитие наземных позвоночных.

Проф. П. Ю. Шмидт. Наука на Тихом океане и ее задачи (с 6 фиг.).

В. И. Гримова. Тур и древнейшая история домашнего быка в СССР. (с 8 фиг.).

В. И. Крыжановский. Самоцветы Сергиевского историко-художественного и бытового музея.

Научные новости и заметки.

Астрономия, Физика, Химия, Физическая география, Ботаника, Палеофитология, Палеозоология, Биология, Научная хроника, Библиография.

В 1930 г.

ПОДПИСНАЯ ЦЕНА
с доставкой:

на год 6 руб.
„ полгода 3 „

ЦЕНА
отдельных
номеров— **70** к.

В 1930 г.

ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ
12-ю НОМЕРАМИ

Комплекты журнала
„ПРИРОДА“
имеются на складе

за 1921 г.	цена	2 р.	— к.
„ 1922 „	„	4 „	— „
„ 1923 „	„	2 „	— „
„ 1924 „	„	2 „	20 „
„ 1925 „	„	4 „	— „
„ 1927 „	„	6 „	— „
„ 1928 „	„	6 „	— „
„ 1929 „	„	6 „	— „

ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ:

в Секторе распространения Издательства Академии Наук: Ленинград, 1, Таможенный пер., д. 2, тел. 5-55-78, и в магазинах „Международная Книга“:

Ленинград, просп. Володарского, д. 53-а, тел. 1-72-02;

Москва, Кузнецкий Мост, д. 18, тел. 3-75-46.