

# ПРИРОДА



№

8

ИЗД-ВО АКАДЕМИИ НАУК СССР • 1934

## СОДЕРЖАНИЕ

<p><i>Э. Х. Фрицман.</i> О соединениях тяжелого водорода . . . . . 1</p> <p><i>Проф. В. И. Николаев.</i> Неустойчивые равновесия бромсодержащих систем . . . . . 10</p> <p><i>И. Н. Антипов-Каратаев.</i> Почвенный поглощающий комплекс и химизация почв северных областей Союза . . . . . 16</p> <p><i>Проф. В. Ф. Раздорский.</i> Принципы строения скелета растений . . . . . 21</p> <p><i>Проф. П. А. Фонвиллер (Prof. Dr. P. Vonwiller).</i> О витальной микроскопии высших организмов . . . . . 38</p> <p><i>Д-р Дончо Костов (Dr. Dontcho Kostoff).</i> Экспериментальное получение полиплоидных гибридов в роде <i>Nicotiana</i> и их значение . . . . . 44</p>	<p style="text-align: center;"><b>ЮБИЛЕИ И ДАТЫ</b></p> <p><i>Д. Я. Глазер. Н. А. Морозов.</i> (К 80-летию со дня рождения) . . . . . 59</p> <p style="text-align: center;"><b>НОВОСТИ НАУКИ</b></p> <p><i>Физика.</i> Новый способ получения сверхвысоких давлений и температур.— Диаграммы Лауэ с оптическими волнами . . . . . 65</p> <p><i>Химия.</i> Новые данные по тяжелому водороду . . . . . 66</p> <p><i>Геология.</i></p> <p><i>Минералогия.</i> О распространении вивинита в Белоруссии . . . . . 67</p> <p><i>Физическая география.</i> Географическое распространение подводного (донного) льда на территории СССР . . . . . 67</p> <p><i>Метеорология.</i> Тени при пасмурном небе . . . . . 70</p> <p><i>Биология.</i></p> <p><i>Полеоботаника.</i> К филогении саговникообразных . . . . . 70</p> <p><i>Зоология.</i> Китайский эстуарный краб в европейских водах . . . . . 71</p> <p><i>Палеозоология.</i> По поводу „смешанных“ ископаемых фаун . . . . . 73</p> <p><i>Физиология.</i> Влияние тяжелой воды на живые существа.— Тяжелая вода в молекуле . . . . . 74</p> <p style="text-align: center;"><b>НАУЧНЫЕ СЪЕЗДЫ И КОНФЕРЕНЦИИ</b></p> <p>Третья Всесоюзная конференция по полупроводникам . . . . . 75</p> <p style="text-align: center;"><b>ПОТЕРИ НАУКИ</b></p> <p>Академик А. А. Белопольский (1854—1934) . . . . . 77</p> <p>Дьюкинфильд Генри Скотт (1854—1934) . . . . . 79</p>
<p><b>ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И СТРОИТЕЛЬСТВО СССР</b></p> <p><i>П. А. Журавель.</i> Некоторые замечания об изменениях среди фауны в порожистой части р. Днепра в связи с Днепростроем . . . . . 50</p> <p><i>Проф. В. Л. Якимов.</i> Ответственный участок нашего животноводства . . . . . 57</p>	

### АВТОРАМ И СОТРУДНИКАМ „ПРИРОДЫ“

*Редакция обращает внимание авторов и сотрудников на то, что со времени постановления Редакции о необходимости стремиться к более доступному и упрощенному изложению материала прошло свыше года (см. Протокол заседания от 16 мая 1933 г. „Природа“, № 5—6). Редакция, со всею настойчивостью напоминая об этом постановлении Редакции, убедительнейшим образом просит иметь в виду популяризационный характер „Природы“, отнюдь не рассчитанной на специалистов в той или иной области, а на более широкие круги научных работников и пр. В соответствии с этим необходимо, чтоб и размер, как правило, не превышал установленных норм: для статей общего порядка—30 000 печатных знаков (включая литературу—возможно общего значения—и иллюстрационный материал), для статей по истории науки—20 000 печатных знаков, по отделу критики и библиографии—10 000 печатных знаков, для реферативных и информационных сообщений—5000 печатных знаков.*

РЕДАКЦИЯ



# ПРИРОДА

ПОПУЛЯРНЫЙ  
ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ

ИЗДАВАЕМЫЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК СССР

ГОД ИЗДАНИЯ  
ДВАДЦАТЬ ТРЕТИЙ

№ 8

1934

## О СОЕДИНЕНИЯХ ТЯЖЕЛОГО ВОДОРОДА

Э. Х. ФРИЦМАН

Для неорганической и органической химии открылась совершенно новая область исследований в связи с разработкой методов получения изотопа водорода в сравнительно больших количествах. Американские химики имеют в своем распоряжении громадные количества исходной, обогащенной дейтерием воды, которая предоставляется им крупными трестами по электролитической добыче кислорода и водорода. У некоторых отдельных исследователей имеются от 2 до 10 тыс. л отяжеленной воды (1:3000), а в руках немногих счастливцев до 100 см<sup>3</sup> чистой тяжелой воды (100%), несмотря на очень несовершенные способы, которые позволяют использовать лишь 10% всего содержащегося в воде дейтерия.

С другой стороны, успеху развития новой области химии содействует очень ценное свойство дейтерия — легко входить в обмен с обыкновенным водородом в химических соединениях, причем здесь играет существенную роль характер связи водорода. Кроме того, обменную реакцию между дейтерием и водородом можно сильно ускорить катали-

тическим путем, например для воды — посредством платиновой черни. Все это, вместе взятое, отчасти объясняет ту сказочную быстроту, с какой американские химики разрабатывают эту новую область; до настоящего времени они являются исключительными монополистами на такого рода исследования. Большую услугу в этом деле оказывает им богатое оборудование и прекрасная организация научной и исследовательской работы.

### 1. Тяжелая вода H<sup>2</sup>H<sup>2</sup>O

Основные свойства и методы получения тяжелой воды частично уже описаны в статье В. И. Черняева (1). С тех пор появились новые работы по изучению свойств и разработке методов получения тяжелой воды.

До последнего времени использовались щелочные остатки промышленных электролизных установок для получения водорода и кислорода, содержащие вдвое больше дейтерия, чем обыкновенная вода. Сейчас успешно начали пользоваться и кислотными остатками старых аккумуляторных батарей. Ульман 7

нашел в них концентрацию дейтерия 1:3000.

Методика получения тяжелой воды сильно усовершенствована. Уже появляются более подробные описания аппаратуры, напр. Гаркинса и Дудэ (2), Тейлора, Эйринга и Фроста (3).

Картину процесса обогащения у последних авторов дает табл. 1.

Таблица 1

Номер электролиза	Плотность $d_4^{20}$ полученной фракции	% содержания $H^2$ каждой фракции	Количество разложенной воды (с 9 V—27 IX 1933 г.)
1	0.998	—	2750 л
2	0.999	0.5	415 „
3	1.001	2.5	52 „
4	1.007	8.0	10.15 „
5	1.031	30.0	2.0 „
6	1.098	93	420 см <sup>3</sup>
7	1.104	99	82 „

Как видно из таблицы, на 3000 л исходного электролита, с содержанием дейтерия 1:3000, т. е. 1 л тяжелой воды, таким усовершенствованным электролизом получается лишь около 100 см<sup>3</sup> чистой тяжелой воды, т. е. 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Электролиз воды с серной кислотой, при свинцовых электродах, проведен Эрленмейером и Гартнером (4), которые обещают дать более подробное описание своих работ.

Кроме фракционного электролиза, стали применять и фракционное раз-

ложение воды металлами. Уже Эйринг предсказал возможность такого разделения изотопов водорода вследствие разницы в скоростях реакции. Впервые такое разделение провели Бликней и Гульд,<sup>1</sup> а затем Гориути и Полањи (5) путем взаимодействия водяного пара с железом. Недавно Дэвис и Джонстон (6) провели фракционное разделение воды при помощи металлического натрия. Выделявшийся при этом водород сжигался в воду. Тщательные измерения плотности вод: первоначальной, образовавшейся при горении водорода и отогнанной из реакционных остатков — дали результаты, приведенные в табл. 2.

На основании этих данных коэффициент разделения  $\alpha$  вычисляется в 2.5 для натрия; аналогичное вычисление для железа дает величину 1.2—1.3. Для фракционного электролиза  $\alpha = 5$ .

Г. Гэнт получил положительные результаты по разделению изотопов, пропуская электролитический водород (из воды с концентрацией 1:200) над окисью меди при 200°, а остаток — при 600°.

Что касается фракционной перегонки воды, то ожидавшиеся эффекты разделения не оправдались, как показали опыты Уошбэрна\* и Льюиса\*. Однако, это справедливо лишь для образцов воды, по составу близких к натуральной воде, и для перегонок в обыкновенных аппаратах при атмосферном давлении. Если же брать обогащенные образцы воды (2—3<sup>0</sup>/<sub>0</sub>), то эффект разделения

<sup>1</sup> Звездочка у фамилий обозначает, что соответствующая работа цитирована в „Природе“, № 2, 1934, стр. 42 и 72.

Таблица 2

Образцы воды	Количество воды в г	$\Delta t^{\circ}C$	$\Delta$ уд. в. в миллионных долях	$\Delta$ суммарная в миллионных долях по отношению к обыкновенной воде	
Исходная вода . . . . .	389.2	0.532	149	57.990	
Конечная вода {	Тяжелая фракция . . . . .	332.3	0.601	168	55.820
	Легкая фракция . . . . .	57.3	0.179	50	2.860
	Сумма . . . . .	389.6	—	—	58.680

значительный, как показали исследования Галля и Джонса (7). Так, например, перегонка 125 ч. воды (3%) при обыкновенном давлении из обыкновенной колбы с обычной колонкой Vigreux (10 см) дала результаты, сведенные в табл. 3.

Таблица 3

Фракции	Плотность при 25°	Отклонения от средней величины в %
0.00 — 0.20	1.003365	-2.6
0.61 — 0.77	1.003444	
0.77 — 0.96	1.003546	+2.6

Анализ тяжелой воды. О составе воды или о процентном содержании H<sup>2</sup> в тяжелой воде судят обыкновенно по плотности воды. Но опыты Льюиса\* и других показали, что такой путь неточен вследствие участия изотопа кислорода в утяжелении воды. За последнее время денсиметрический метод и спектральный анализ стараются заменить более быстрым и точным методом — рефрактометрическим. Для этой цели Крист, Мэрфи и Юрей\* предлагают определение коэффициента преломления воды с помощью интерферометра Цейсса, калиброванного на молекулярные проценты окиси дейтерия по данным измерений плотности; одновременно Льюис и Лютен\*, на основании своих исследо-

ваний коэффициентов рефракции и аддитивных правильностей для смесей H<sup>1</sup>H<sup>1</sup>O и H<sup>2</sup>H<sup>2</sup>O, дают два уравнения, допускающие определение изотопического состава воды, если известны плотность и показатель преломления.

Физические и химические свойства тяжелой воды изучены далеко неполно. Как уже известно, температура замерзания практически чистой тяжелой воды +3.8°, температура кипения 101.42° при 760 мм, уд. в. 1.11165 (для 100%).

Недавно Ла-Мэр и Эйхельбергер (8) изучили температуру замерзания и плотности (при 25°) смесей H<sup>2</sup>O и H<sup>1</sup><sub>2</sub>O с применением стандартного Бекмановского термометра. Полученные при этом данные, сведенные в табл. 4, показывают, что твердая фаза представляет собою твердый раствор из двух компонентов и что смеси при замерзании ведут себя, как чистые вещества; кроме того, выяснилось, что температура застывания есть линейная функция уд. в., пока содержание H<sup>2</sup><sub>2</sub>O в смеси не превосходит 20%; при содержании H<sup>2</sup><sub>2</sub>O выше и до 40%, отклонения выходят за пределы возможных ошибок, как видно из табл. 4.

Сравнительное изучение давления пара чистой H<sup>2</sup>O и обыкновенной воды, произведенное Льюисом и Макдональдом\* с помощью дифференциального микрогенсиметра, дало результаты, приведенные в табл. 5 (причем P<sub>1</sub> — упругость пара обыкновенной воды, P<sub>2</sub> — упру-

Таблица 4

Приблизит. % тяжелого компонента 100% вода — уд. в. = 1.11165	Температура замерзания С	Уд. в. при 25°/25°	Температура замерзания (уд. в. — 1)	Наблюдатель
1.23	0.053	1.001376	38.5	Уошберн
14.7	0.632	1.01644	38.5	Ла-Мэр и Эйхельбергер
19.1	0.824	1.02135	38.6	" "
39.9	1.679	1.04456	37.7	" "
39.5	1.670	1.04411	37.9	" "
94.6(?)	3.8	1.1056	36	(Снова перегнана) Льюис и Макдональд

Таблица 5

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

Таблица 6

t° C	5	10	15	20	25	30	35	40
$U_4^t$ . . . . .	0.99987	0.99948	0.99958	1.00016	1.00111	1.00243	1.00415	1.00605

гость пара тяжелой воды). Изменение плотности с температурой определялось при помощи маленького dilatометра. Картина изменений ясно видна из табл. 6.

Относительно аномалий тяжелой воды и ее максимальной плотности при 11.6°, а также относительно электропроводности некоторых растворов, растворимости некоторых солей в тяжелой воде уже упомянуто в „Природе“ (1. с.). Далее определения вязкости Льюисом и Макдональдом, диэлектрической постоянной Льюисом, Ольсоном и Маронэем\*, вращения плоскости поляризации для раствора глюкозы Паскью\* в тяжелой воде также приведены в отделе „Новости науки“ („Природа“, 1. с.). Кроме того, сообщены исследования Сальвуда и Фроста\* о ряде характерных свойств воды, содержащей различные количества H<sup>2</sup>.

Сюда примыкает новое исследование того же Е. Паскью (9) относительно мутаротации  $\alpha$ -D-глюкозы в 100% тяжелой воде (табл. 7).

Влияние тяжелой воды на скорость мутаротации эквивалентно падению температуры на 10°. Замещение подвижного водорода глюкозы дейтерием не изменяет величины уд. вращения для натриевой линии.

Весьма важной является работа Бинггэма и Стевенса (10) о влиянии наличия второго протона в ядре дейтерия на ассоциацию молекул тяжелой воды. Сравнивая температурные константы Бинггэма и Спунера для обычного водорода и кислорода с данными авторов для дейтерия, мы видим, что температура, обуславливающая текучесть обыкновенной воды в 200 ghes, должна была бы быть 131.6°, при условии, что она не ассоциирована; наблюдаемая же температура гораздо выше 328.9°, что указывает на ассоциацию воды в 2.50. Текучесть же тяжелой воды совершенно отличается от таковой обыкновенной воды, и ее температурная константа (118.6°) указывает на ассоциацию в 1.34. Следовательно, по степени ассо-

Таблица 7

Минуты	с	15	50	90	120	180	300	697	1440
$\alpha$ . . . . .	38.50 ( $\alpha_0$ )	37.05	34.09	31.29	29.50	26.72	23.06	19.35	18.83 ( $\alpha_\infty$ )
$K_1 + K_2 = 1/t \lg \frac{\alpha_\infty - \alpha_0}{\alpha_\infty - \alpha}$ . . . . .	—	221 <sup>-5</sup>	221 <sup>-5</sup>	220 <sup>-5</sup>	221 <sup>-5</sup>	220 <sup>-5</sup>	222 <sup>-5</sup>	222 <sup>-5</sup>	221 <sup>-5</sup> (средн.)

диации тяжелая вода относится к слабоассоциированным веществам. Этим объясняется отсутствие реакции между энзимом и крахмалом, непроращение семян и другие отклонения в биохимических реакциях.

Так как в большинстве водных растворов большую роль играет гидратация, то ясно, что хлористые натрий и барий будут менее растворимы в тяжелой воде, а для солей, растворяющихся с меньшей гидратацией, как  $KCl$ ,  $HgCl_2$ ,  $AgNO_3$  и т. п., разница в растворимости должна быть менее заметной.

Изотопический состав морской воды, по исследованиям Джильфиллена (11), неодинаков: очищенные пробы с поверхности океана и с глубины в 4500 м показывают различную плотность. Аналогичное наблюдается для проб с моря и с суши (Кембридж): разница в плотностях при  $0^\circ$  доходит до  $23 \cdot 10^{-7}$ . Поразительно, что вода в различных местах на поверхности океана (под разными широтами и долготами) неодинакова, что указывает лишь на то, что морская вода еще не достигла статистического равновесия.

Физиологическое действие тяжелой воды частично уже рассматривалось раньше („Природа“, I. с.), как в статье „Тяжелый водород и тяжелая вода“, так и в отделе „Новости науки“. В дополнение к этим данным приводим некоторые фармакологические опыты Махта и Дэвиса (12) с утяжеленной водой (1:2000). Они нашли некоторую задержку в прорастании семян *Lupinus* в упомянутой воде, как и в физиологическом солевом растворе Shive; брожение 4% раствора тростникового сахара ничем не отличается; вредного влияния на мышей и золотых рыб (аквариума) не обнаружено; части кошачьих внутренностей в растворе Locke на такой воде проявляли обычные мускульные сокращения; аналогичные результаты получались и для других препаратов животного организма; внутривенное впрыскивание такой воды не вызывало у кошки изменения в кровяном давлении. Эти результаты совершенно понятны, если вспомнить, что организмы приспособились к наличию тяжелой формы в природной воде, и весьма воз-

можно, что тяжелой воде в таких ничтожных концентрациях скорее присуще не токсическое, а тонизирующее действие, как это наблюдается для большинства ядов, особенно в гомеопатических разведениях. К этому близко примыкает факт, установленный Эрленмейером и Гэртнером (4), что изотопический состав воды в молоке (коровьем) совершенно идентичен с таковым природной воды, а это указывает на то, что при образовании молока не происходит фильтрации и что организм воспринимает тяжелую воду в крайне слабой концентрации, во всяком случае не как яд. Те же авторы (4) установили, что вода в апельсинах также не отличается от обычной воды.

Весьма интересны опыты Е. Паскю (13) по спиртовому брожению *d*-глюкозы в тяжелой воде. В одном опыте взято 40 мг глюкозы, 18 мг дрожжей и 0.5 мг 100%  $H_2O$  с  $d_4^{20} = 1.105$ , а в другом — 32 мг глюкозы, 18 мг дрожжей и 0.4 мг  $H_2O$ ; одновременно ставились контрольные опыты на обыкновенной воде. О скорости брожения судили по количеству образовавшегося углекислого газа. В результате найдено, что брожение в обычной воде протекает в 9 раз быстрее, чем в тяжелой; может быть, задерживающее влияние тяжелой воды состоит в уменьшении активности зимазного комплекса; для разрешения этого вопроса необходимы дальнейшие опыты по внеклеточным энзиматическим реакциям, в частности брожения.

Гигроскопичность тяжелой воды. Тэйлер и Сельвуд (Журн. амер. хим. общ., 56, 998, 1934), имея в руках 100 куб. см чистой тяжелой воды, нашли плотность  $d_{25}^{25} = 1.1079$ , и  $\rho_D = 0.00462$  при  $20^\circ$ . С целью узнать, возможно ли дальнейшее увеличение плотности, авторы подвергли такую воду продолжительному электролизу: 25 куб. см тяжелой воды с  $d = 1.1079$  помещены в тщательно высушенный электролизный сосуд и прибавлено 2% чистого  $NaOH$ ; выделявшийся газ сжигался в воду, без доступа воздуха извне. Плотность образовавшейся вновь воды определялась через каждый кубический сан-

тиметр. После того, как была достигнута постоянная плотность, электролиз был прерван, и оставшаяся вода была перегнана. Плотность ее оказалась  $d_4^{20} = 1.1059$ . Тот факт, что получается 95% тяжелая вода, доказывает лишь ту крайнюю скорость, с какой чистая окись дейтерия поглощает влагу из атмосферы, а, может быть, и из стеклянных стенок аппарата. Тогда авторы оставили 1 куб. см воды с  $d_4^{20} = 1.1038$  на ночь в открытом сосуде: плотность упала до 1.1016. Таким образом установлен парадоксальный факт: чистая тяжелая вода крайне гигроскопична и должна трактоваться, как всякая другая безводная жидкость. Фактор  $\alpha$  при таких условиях концентрации оказался равным 6. Наибольшая плотность  $D_2O$  при 3.80; вязкость — 12.6 мм. Отклонения у Сельвуда и Фроста объясняются ошибкой в вычислениях.

Теми же авторами установлено, что продолжительное фракционное замораживание 90%  $D_2O$  не дало увеличения концентрации, что и следовало ожидать после работ Ла-Мэр с сотрудниками по замерзанию изотопных смесей воды.

Естественное разделение изотопов воды. Малькольм Доль (Журн. амер. хим. общ., 56, 999, 1934) отмечает, что плотность воды, полученной не только из Атлантического океана, но и из Мертвого моря, Большого Соленого озера и из гидратированного минерала разорита, оказывается на несколько миллионных частей больше. Далее, с одной стороны, установленный многими авторами факт неспособности живых организмов жить и расти в окиси дейтерия, дает основание предположить возможность естественной селекции против преимущественно перед дейтерием в животном и растительном царстве; с другой стороны, разбавленные растворы окиси дейтерия, повидимому, стимулируют физиологическую активность, как указывает Барнес (Амер. ботан. журн., 20, 681, 1933), Мейер (Sci., 79, 210, 1934), Ричардс (Амер. ботан. журн., 209, 679, 1933). Уошберн и Смес (Sci., 79, 188, 1934) нашли, что при росте ивы происходит фракционирование в смысле 6 предпочтительной селекции дейтерия.

Автор нашел тоже, что образцы воды, полученные при сжигании керосина, бензина, меда, показывают увеличение плотности на 4—8 миллионных частей, подобно тому, как Уошберн, в случае ивы, нашел увеличение плотности воды на 5—6 миллионных частей.

Итак, тяжелая вода представляет большой интерес по своим химическим и физическим свойствам, а в особенности по своему биологическому значению: вода, как растворитель в организмах имеет нормальный изотопический состав, а в виде соединений — дейтерий усваивается, если сопоставить опыты Эрленмейера и Доля.

## 2. Обменные реакции дейтерия $H^2$ или D

Тяжелый изотоп водорода вступает в обмен с легким водородом различных химических соединений. Этот обмен будет зависеть от рода связи водорода или от функции последнего. Поэтому дейтерий уже предложен и применяется в качестве индикатора при опытах с водородом. Последнее имеет большое значение при изучении обмена водородных атомов между растворимыми веществами (особенно органическими) и растворителями.

Уже Льюис\* отметил в своих опытах фракционной перегонки обмен между атомами изотопов водорода в молекулах воды. В связи с этими же опытами Льюис\* определил долю участия изотопов  $H^2$  и  $O^{18}$  в утяжелении воды при фракционном разделении ее разновидностей, применив для этой цели обменные реакции между аммиаком и дейтерием, с одной стороны, и сернистым газом и дейтерием, с другой (ср. „Природа“, № 2, 1934, 38—39).

Реакция замещения водорода воды дейтерием изучалась многократно. Крист и Далин (14) пропускали пары воды, содержащей 1% дейтерия, и ток обыкновенного водорода через кварцевую трубку при 800°: произошло обогащение дейтерием за счет 1% тяжелой воды. Аналогичное заметил Олифант (15) в своих опытах по бомбардировке лития ионами дейтерия при хранении смеси гелия и водорода с известным содержанием дейтерия, над водою в течение



Таблица 8

Прибавленные вещества	$K_2CO_3^1$	$H_3PO_4$	Ничего	$K_2CO_3$	$K_2CO_3$	$K_2CO_3$
Исходный мол. % $H^2$ . .	0.02	0.73	0.73	0.73	1.08	4.07
Конечный мол. % $H^2$ . . .	0.02	0.67	0.68	0.38	0.64	1.93
Выделенная фракция $H^2$ . .	0	0.08	0.07	0.48	0.41	0.52

шести недель. Далее Гориути и Поланьи (5) взбалтывали в течение 1 часа смесь 1-н. раствора серной кислоты в воде с водородом, содержащим около 1% дейтерия, в присутствии платиновой черни, при комнатной температуре. Обмен водородами в данной системе обуславливается лишь катализатором. Бонгэффер и Руммель (16) провели аналогичный опыт, взяв для этого тяжелую воду и обыкновенный водород; в присутствии платиновой черни при комнатной температуре равновесие наступает лишь через несколько дней. Наконец, Гульд и Бликней (17) доказали, что при полном исключении явлений избирательной растворимости и действия металлической поверхности, в системе  $H_2^1O - H_2^2$  не происходит никаких изменений, даже по истечении 19 дней; эффект же, полученный вышеупомянутыми исследователями, они истолковывают как результат действия катализирующей поверхности. В последнее время Галль, Боуден и Джонс (18) изучали обмен между водородом и тяжелой водой (2%) в присутствии различных солей и катализаторов и при разных условиях; в общем эти опыты подтверждают выводы предыдущих исследователей.

Из других обменных реакций дейтерия изучена таковая для ряда органических веществ. Бонгэффер и Броун (19) показали, что в молекуле сахара, растворенного в воде, участвует в обмене лишь водородный атом гидроксильной группы. Далее Бонгэффер и Клар (16) показали, что в уксусной кислоте водородные атомы метильной группы не

вступают в обмен с дейтерием (опыты с уксусонатриевой солью). Они же показали, что только в случае прибавления незначительных количеств щелочи (для образования енольной формы) к водному раствору ацетона происходит усиленный обмен, скорость которого возрастает с увеличением количества щелочи. Недавно Гальфорд, Андерсон и Бэтс (20) подробно изучили процесс введения атомов дейтерия в ацетон. Их результаты приведены в табл. 8.

Опыты с утяжеленным ацетоном и обыкновенной водой дали аналогичные результаты обмена, но в обратном направлении.

В этих опытах действие щелочного катализатора ясно указывает на механизм процесса: кислотный водород енольной формы быстро обменивается с водородом воды, а это, в связи с подвижным равновесием кетонной и енольной формы, будет иметь своим результатом образование связей углерода с дейтерием.

Аналогично Уитмор с сотрудниками наблюдал замещение водорода дейтерием для неопентана (третичнобутилметана).

Риттенберг и Юрэй на основании теоретических соображений показали, что термическое разложение иодистого водорода должно зависеть от концентрации дейтерия в иодистом водороде. Исследования авторов (21) вполне оправдали теоретические вычисления и доказали происходящий при этом обмен водорода дейтерием.

Из изотопических реакций изучено действие металлического натрия на тяжелую воду (Дэвис и Джонстон, 6), а также действие железа. Недавно изучена реакция соединения хлора с дейтерием Л. и А. Фаркасом (22), которые

<sup>1</sup> Числа в первом столбце, полученные при опыте с обыкновенной водой, приведены для иллюстрации надежности метода.

исследовали скорости реакции соединения обоих изотопов с хлором на свету, причем оказалось, что дейтерий реагирует в три раза медленнее, чем обыкновенный водород.

### 3. Соединения дейтерия

**Хлористый дейтерий.** Льюис, Макдональд и Шутц (23) получили чистый хлористый дейтерий  $\text{H}^2\text{Cl}$ , пропуская пары тяжелой воды над безводным хлористым магнием при  $600^\circ$ , причем после выделения  $\text{H}^2\text{Cl}$  избыток воды снова заставляют реагировать с хлористым магнием. Полученное соединение было отогнано при  $-130^\circ$  и очищено. Изучение упругости пара жидкого и твердого хлористого дейтерия дало возможность авторам вычислить разности теплот испарений: для жидкого  $\text{H}^2\text{Cl}$  она на 70 калорий (на моль) больше, чем для  $\text{H}^1\text{Cl}$ , для твердого  $\text{H}^2\text{Cl}$  на  $265 \pm 20$  калорий меньше, чем для  $\text{H}^1\text{Cl}$ . Теплоты испарения жидкого (1) и твердого (2)  $\text{H}^1\text{Cl}$  у тройной точки и теплота плавления (3)  $\text{H}^1\text{Cl}$  будут 4081 (1), 4557 (2) и 476 (3) калорий (на моль), а соответствующие величины для  $\text{H}^2\text{Cl}$  будут 4151 (1), 4292 (2) и 141 (3) (на моль). Низкое значение теплоты плавления в последнем случае (3) поразительно.

**Дейтероаммиак.** Тэйлор и Юнгс (24) брали три пробы тяжелой воды различной концентрации и действовали парами ее на азотистый магний,  $\text{Mg}_3\text{N}_2$ . Полученные аммиаки содержали 68%, 90% и 99%  $\text{H}^2$ . Соответственные плотности, отнесенные к обыкновенному аммиаку, составляют 1.12, 1.158, 1.174. В газообразном состоянии они имеют запах обыкновенного аммиака. Температура плавления их постепенно растет по мере увеличения содержания дейтерия, начиная с  $195.2^\circ$  (абсол.) для 0%  $\text{H}^2$  и кончая  $199^\circ$  (абсол.) для 99%  $\text{H}^2$ . Аналогичное имеем и для температуры кипения: от  $239.75^\circ$  (абсол.) для 0%  $\text{H}^2$  до  $242.3^\circ$  (абсол.) для 99%  $\text{H}^2$ . Упругости пара более тяжелых аммиаков при всех исследованных температурах всегда меньше упругости пара обыкновенного аммиака. Теплота испарения  $\text{ND}_3$  составляет 5990 кал./мол. против 5797 кал./мол. для  $\text{NH}_3$ .

**Дейтероуксусная кислота.** Льюис и Шутц (25) исходили из 0.25 г чистой тяжелой воды, получили из нее соответствующее количество  $\text{H}^2\text{Cl}$  (о свойствах предполагается сообщить) и последний заставили реагировать с уксусно-серебряной солью в эвакуированной запаянной трубке при  $100^\circ$  в течение 24 час. По окончании реакции, полученная новая уксусная кислота  $\text{CH}_3\text{COOH}^2$  была отогнана из трубки; дестиллят показывал резкую температуру плавления в  $13.3^\circ$ , т. е. на  $3.3^\circ$  меньшую, чем обыкновенная уксусная кислота. Измерения упругости пара показали, что она выше, чем у обыкновенной кислоты, тогда как во всех предыдущих и до этого исследованных случаях наблюдалось обратное: при  $64-65^\circ$  мы имеем  $p_D = 120.4$  мм против  $p_H = 117.8$  мм и т. п.

В заключение остается еще затронуть существенный вопрос о номенклатуре новых соединений. Уже в самом начале работ по изотопу водорода Юрэй, Мэрфи и Брикведде (26) предложили, во избежание недоразумений при произношении и писании формул соединений водородных изотопов, назвать легкий изотоп  $\text{H}^1$ —протием, тяжелый  $\text{H}^2$ —дейтерием и возможный  $\text{H}^3$ —тритием. Для ядра  $\text{H}^2$ —Льюис предложил название „дейтерон“, ныне сокращенное в „дейтон“. Далее вместо неудобного и легко спутываемого обозначения  $\text{H}^2$  (особенно в соединениях) стали применять обозначение D. Хотя Вуд и предложил впоследствии название барводород (т. е. тяжелый водород) и обозначение его через  $\bar{\text{H}}$  (т. е. с чертой над знаком водорода), как в свободном виде, так и в соединениях и для названий (например, метан), но все последующие предложения не привились. Кроме того, Уитмор, Юрэй, Мэрфи и др. возражают против нововведений еще по тем соображениям, что число новых соединений чрезвычайно велико (например, теоретически возможны 34 новых неопентанов, 13 новых бензолов и т. д.). Поэтому Юрэй, Мэрфи и Брикведде предлагают в дальнейшем применять принципы органической химии, не гоняясь за новыми неуклюжими названиями: например, для  $\text{NHD}_2$  вместо монопротий - дидейте-

рий-нитрид эн аш один аш (или дэ) два два.

#### 4. Дополнительные данные о свойствах $H^2$

Диффузия дейтерия через металлы и фракционирование изотопов. Гаррис (27) с сотрудниками исходили из положения, что при диффузионном методе Герца (28) происходит разделение молекул  $H^1H^1$  и  $H^1H^2$ , отношение масс которых составляет 1.5; при диффузии через Pd имеется более выгодное соотношение масс атомов, которое равно 2. Первые измерения диффузии водорода через палладиевую трубку, нагретую не выше  $400^\circ$ , дали при уменьшении давления до 39 мм — пяти-восьмикратное обогащение, а при дальнейшем уменьшении до 8 мм еще полутора-кратное обогащение дейтерия. Этот метод, конечно, не может конкурировать с электролитическим фракционированием, но в сравнении с другими диффузионными методами имеет значительные преимущества, так как в одной стадии дает десятикратное обогащение.

К этому исследованию примыкает работа Финка, Юрэя и Лэка (29), которые наблюдали диффузию водорода через металлы при электролизе смеси серной и соляной кислот, в воде с 0.5% дейтерия, причем катодом служили: стальная пластинка, железная, никелевая, палладиевая трубка; плотность тока — 60 ампер на 1 кв. дм, температура  $85^\circ$ , анод платиновый. В результате произошло обогащение дейтерия. Аналогичные опыты с кислородом дали отрицательный результат.

#### Литература

1. Черняев В. И. Природа, 1934, № 2, стр. 29; ср. стр. 72.
2. Harkins W. D. и Doede C. J. Am. Chem. Soc., 55, 4330 (1934).

3. Taylor H., Eyring H., Frost A. J. Chem. Phys., 1, 823 (1933).
4. Erlenmeyer H. и Gärtner H. Helv. Ch. Acta, 17, 30, 334, 549 (1934).
5. Horiuti и Polanyi M. Nature, 132, 819 (1933).
6. Davis C. O. и Johnston H. L. J. Am. Chem. Soc., 56, 492 (1934).
7. Hall N. и Jones T. J. Am. Chem. Soc., 56, 749 (1934).
8. La Mer и Eichelberger W. J. Am. Chem. Soc., 56, 248 (1934).
9. Pascu E. J. Am. Chem. Soc., 56, 745 (1934).
10. Bingham E. и Stevensjr W. J. Chem. Phys., 2, 107 (1934).
11. Gilfillanjr E. J. Am. Chem. Soc., 56, 406, (1934).
12. Macht D. и Davis M. J. Am. Chem. Soc., 56, 246 (1934).
13. Pascu E. J. Am. Chem. Soc., 56, 245 (1934).
14. Crist R. H. и Dalin G. A. J. Chem. Phys., 1, 677 (1933).
15. Oliphant M. L. Nature, 132, 675 (1933).
16. Bonhoeffer K. и Rummel H; он же и Klar. Naturw., 22, 45 (1934).
17. Gould A. и Bleakney W. J. Am. Chem. Soc., 56, 247 (1934).
18. Hall N., Bowden E., Jones T. O. J. Am. Chem. Soc., 56, 750 (1934).
19. Bonhoeffer K. и Brown. Zts. phys. Chem., 23, 171 (1933).
20. Halford J., Anderson, Bates. J. Am. Chem. Soc., 56, 491 (1934).
21. Rittenberg D. и Urey H. J. Chem. Phys., 2, 106 (1934).
22. Farkas L. и A. Naturw., 22, 118 (1934).
23. Lewis G., Macdonald R., Schutz P. J. Am. Chem. Soc., 56, 494 (1934).
24. Taylor H. и Jungers J. J. Am. Chem. Soc., 55, 5057 (1933).
25. Lewis G. и Schulz P. J. Am. Chem. Soc., 56, 493 (1934).
26. Urey H., Murphy, Brickwedde J. Chem. Phys., 1, 512 (1933).
27. Harris L., Jost W. и Pearse R. Proc. Nat. Ac. Sci. USA, 19, 991 (1933).
28. Herz G. Naturw., 21, 884 (1933).
29. Fink C., Urey H., Lake D. J. Chem. Phys., 2, 105 (1934).

# НЕУСТОЙЧИВЫЕ РАВНОВЕСИЯ БРОМСОДЕРЖАЩИХ СИСТЕМ

*Проф. В. И. НИКОЛАЕВ*

В последние годы внимание наше все более и более сосредоточивается на тех неустойчивых равновесных состояниях, которые известны в науке под названием метастабильных и лабильных состояний и которыми характеризуется, можно сказать, вся неорганическая природа вокруг нас.

Все химические превращения, по принципам термодинамики, стремятся к конечному устойчивому состоянию равновесия, когда скорости прямого и обратного процесса делаются равными.

Однако, на этом пути основной химический процесс подвергается сложному ряду природных воздействий, которые задерживают на более или менее продолжительное время переход неустойчивого равновесия в устойчивое (стабильное), а иногда изменяют даже направление перехода неустойчивого состояния к новой цели, к новой точке устойчивого равновесия.

Причины, создающие неустойчивые равновесия, которые по продолжительности своего существования иногда кажутся устойчивыми, до сих пор недостаточно изучены.

Лишь в отдельных случаях мы говорим, что неустойчивые равновесия зависят от состава, например, жидкой фазы, с которой твердая фаза находится в равновесии.

Так, например, для случая кристаллизации минерала астраханита в природных условиях мы можем в настоящее время сказать, что, если состав природного озерного рассола проходит определенный участок стабильного поля кристаллизации этой соли (полученного в лабораторных термостатных условиях), то кристаллизация астраханита наступает тотчас же.

Если же состав рассола минует указанный определенный участок стабильного поля астраханита, то мы отмечаем

значительную задержку во времени кристаллизации этого минерала; а при некоторых составах — мы и совсем не можем обнаружить кристаллизацию этого минерала в течение многих месяцев; вместо него в таких случаях кристаллизуются другие соли (хлористый натрий и эпсомит).

Мы высказываем далее предположения о влиянии на состояние равновесия вязкости среды, поверхностного натяжения и пр., но пока вопросы остаются неосвещенными точными научными данными.

Здесь мы рассмотрим неустойчивые равновесия бромсодержащих систем, в которых можно дать более определенные объяснения причин неустойчивого состояния.

Остановим наше внимание прежде всего на системе, построенной из двух компонентов: хлористого калия и бромистого калия.

Система эта исследовалась по плавкости Вжесневским, Амадори и Пампанино (1911 г.) и Тамманом в 1923 г.

Авторы нашли, что в безводном состоянии оба компонента KCl и KBr образуют между собою непрерывный ряд изоморфных смесений (у обоих компонентов сходные кристаллические решетки), обнаруживая минимум плавкости при 734° и при содержании в твердом растворе 28.5% (молекулярных) хлористого калия.

Исследования Боке (1908 г.) и В. Николаева (1932 г.) показали, что и из водных растворов, содержащих оба упомянутых компонента, последние выделяются также в виде изоморфных кристаллов, содержащих переменные количества хлористого и бромистого калия.

Однако, по данным соляной лаборатории Уральского филиала Академии Наук, состав кристаллов KCl (Br), выпадающих из раствора, содержащего

определенное количество бромистого калия (брома), не является постоянным, а находится в зависимости от величины кристаллов: чем менее размер кристалла, тем более в нем относительное содержание бромистого калия (брома).

Это можно видеть из следующей таблицы:

Таблица 1

Размер кристалла в миллиметрах	Вес кристалла в граммах	Содержание иона брома в кристаллах в %
2.8 × 2.8 × 2 . . .	0.0248	8.68
3 × 3 × 2 . . .	0.0306	6.90
3.5 × 3.5 × 2 . . .	0.0374	6.69
4 × 4 × 2.5	0.0554	6.37
6 × 6 × 6 . . .	0.1241	5.64

Между тем исходная смесь была приготовлена из 98% KCl и 2% KBr, т. е. 1.3% Br'. Смесь была растворена в воде, и раствор испарялся в эксикаторе над серной кислотой при 25°.

Здесь мы наблюдаем ряд неустойчивых равновесий, находящихся в зависимости от величины кристаллов. Несомненно, с течением времени, вероятно очень значительного, в замкнутой системе раствор и кристаллы на дне, по принципам термодинамики, придут при постоянной температуре к определенному устойчивому (стабильному) состоянию равновесия, когда определенной концентрации брома в растворе будет соответствовать также определенная концентрация брома и в кристаллах.

Однако, переход к этому состоянию в условиях отсутствия размешивания слоев растворов жидкого и твердых совершается крайне медленно.

Диффузия компонентов смешанных кристаллов в твердом состоянии происходит, вообще говоря, настолько медленно, что ее обнаружить не удается иногда даже в течение двух-трех лет. Постепенное изменение содержания брома в жидкой и твердых фазах в направлении к устойчивому состоянию равновесия может быть ускорено лишь

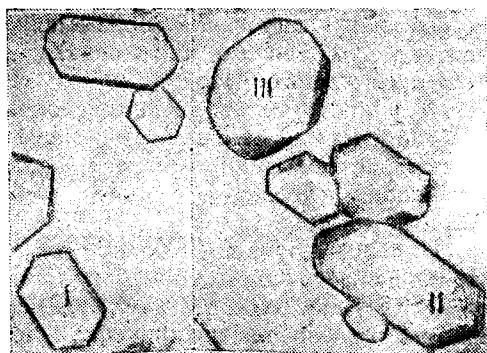
искусственным энергичным размешиванием, на что, все же, как показывает опыт, нужно много суток.

На трудность установления устойчивого равновесия в смешанных кристаллах хлористого и бромистого калия указывают и определения теплот образования этих кристаллов.

М. Попов, А. Бундель и Холер — определяли теплоту образования кристаллов KCl(Br) как разность двух величин: теплоты растворения механической смеси хлористого и бромистого калия и теплоты растворения смешанных кристаллов. При этом смешанные кристаллы получались авторами различными путями: 1) трением солей (от 20 до 40 часов), 2) спеканием солей, 3) быстрой кристаллизацией солей из расплавленного состояния и 4) медленной кристаллизацией из такого же состояния. Теплота образования для смешанных кристаллов, полученных продолжительным растиранием и содержащих 20% KBr, оказалась равной — 46; для кристаллов, полученных быстрой кристаллизацией при той же концентрации — 126, а при медленной кристаллизации от — 165 до — 172. Таким образом, только при продолжительной кристаллизации обнаруживается наибольшая теплота образования (наибольшее поглощение теплоты) для смешанных кристаллов хлористого и бромистого калия, и процесс образования смешанных кристаллов пришел или может быть, все же только еще приблизился к его завершеному устойчивому состоянию. Мы видим, что только  $\frac{1}{4}$  теплового эффекта обнаруживается при простом растирании хлористого и бромистого калия; это говорит, очевидно, лишь о начале процесса образования смешанных кристаллов.

Чем крупнее кристаллы, тем труднее становятся условия образования смешанных кристаллов. Процесс роста кристаллов опережает процесс изоморфного смешения составляющих его компонентов.

Таким образом, неустойчивые равновесия при выпадении изоморфных кристаллов хлористого и бромистого калия, стоящие видимым образом в зависимости от величины и поверхности кристаллов, объясняются несоответствием в ско-



Фиг. 1. Превращение кристаллов квадратного карналлита в кристаллы ромбического (хлорного) карналлита.

рости роста выпадающих кристаллов и скоростью их изоморфного смешения. Но всевыравнивающее время, конечно, рано или поздно приведет равновесную систему к устойчивому состоянию.

Прибавим, в виде примечания, что изучение указанных неустойчивых равновесий позволило предложить способ извлечения брома из сильвинитовых отложений, собирая его и концентрируя в небольших объемах рассолов.

Явления неустойчивых равновесий мы наблюдаем и во взаимной системе  $K_2Br_2 + MgCl_2 \rightleftharpoons K_2Cl_2 + MgBr_2$  при тех составах растворов, при которых кристаллизуется двойная соль хлористого калия и хлористого магния, известная под названием карналлита.

Два рода карналлитов: хлорный —  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot бақ.$  и бромный  $KBr \cdot MgBr_2 \cdot бақ.$  обладают свойством растворять друг друга в твердом состоянии, образуя при комнатной температуре три разновидности изоморфных кристаллов: 1) кристаллы ромбической сингонии с большим содержанием брома, представляющие по существу твердый раствор хлорного карналлита в бромном, 2) кристаллы также ромбической сингонии, но с большим содержанием хлора, представляющие обратный случай растворения бромного карналлита в хлорном и 3) кристаллы квадратной сингонии с промежуточным содержанием хлорного и бромного карналлитов между образцами I и II.

22 При этом является интересным фактом, что внешне кристаллы бромного

карналлита (с относительно малым содержанием хлорного карналлита) кажутся невооруженному глазу кристаллами квадратной сингонии (углы наклона граней близки к прямому). Принадлежность их к ромбическим кристаллам устанавливается лишь кристаллографическими и кристаллооптическими измерениями.

Принадлежность же к ромбическим кристаллам кристаллов хлорного карналлита (с относительно малым содержанием бромного карналлита) бросается в глаза сразу, так как эти кристаллы имеют ясные очертания ромбических пластинок, или боченкообразных образований, с ромбической сингонией. Весьма интересным является и факт разрыва в сплошности твердых растворов хлорного и бромного карналлитов при их средних концентрациях, когда кристаллическая решетка ромбических кристаллов переделывается на решетку квадратных кристаллов.

При комнатной температуре и при лежании кристаллов в чашке под отвечающим раствором было наблюдено явление медленного перехода неустойчивых кристаллов квадратного карналлита (с содержанием бромного карналлита от 33,5% до 15,5%) — в кристаллы ромбического карналлита.

Прилагаемые микрофотографии снятые через промежутки времени (фиг. 1), в несколько часов, рисуют нам картину перестройки квадратных кристаллов в кристаллы ромбические.

I — изображает нормальный вид кристаллов квадратной сингонии.

II — показывает начало распада кристаллической решетки квадратного карналлита (зернистость внутри кристалла) и начало образования граней ромбического карналлита.

III — показывает кристалл квадратного карналлита, почти закончивший свою перестройку в ромбический, когда кристалл выглядит уже боченкообразным, и сохранилась лишь боковая грань призмы квадратного карналлита.

Переходя к причинам распада неустойчивых кристаллов квадратного карналлита и их превращения в кристаллы ромбического карналлита, — пока можно сказать следующее.

Изучение области кристаллизации каждой из трех модификаций с изменением температуры показало, что с повышением температуры квадратная разность  $B$  (фиг. 2) стремится к исчезновению и, наоборот, при низких температурах стремится совсем вытеснить обе ромбических модификации карналлита.<sup>1</sup>

При  $+25^\circ$  наблюдается, что квадратные разности карналлита с содержанием от 33.5% (мол.) до 15.5%, как было упомянуто, являются неустойчивыми (линия  $mt$  на фиг. 2), переходя при лежании под рассолом в устойчивую форму ромбического карналлита с предельным содержанием в 15.5% (мол.) бромного карналлита (переход точки  $t$  в точку  $l$  на кривой  $NP$  фиг. 2).

Повышение температуры прекращает процесс распада и превращения, что говорит за то, что этот процесс является также эндотермическим, хотя термодимических данных, относящихся к этому процессу, мы пока не имеем.

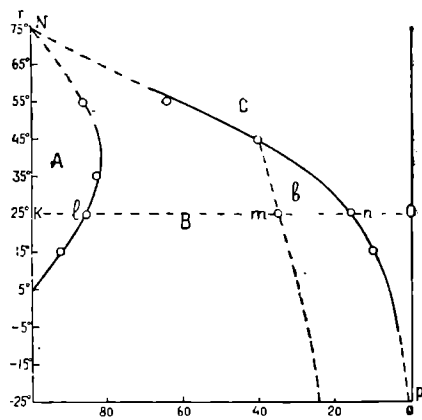
В указанных пределах концентрации бромного карналлита в кристаллах квадратного — решетка квадратных карналлитов, повидимому, неустойчива и для своего сохранения нуждается в притоке внешней энергии.

Таким образом, неустойчивость определенной области квадратного карналлита может рассматриваться здесь, как функция состава, при котором решетка квадратных кристаллов для своего сохранения требует притока теплоты извне.

Область квадратного карналлита при понижении температуры расслаивается на два участка: стабильного квадратного и неустойчивого квадратного карналлита ( $B$  и  $b$  на фиг. 2).

Перейдем, наконец, к тем неустойчивым бромным равновесиям, которые

<sup>1</sup> Диаграмма (фиг. 2) построена таким образом, что по оси абсцисс отложены молекулярные проценты содержания бромного карналлита в его изоморфной смеси с хлорным карналлитом, а по оси ординат — температуры. Линии, параллельные оси абсцисс, являются изотермами, как, напр., линия (пунктирная)  $klmlo$  является изотермой  $25^\circ$ . Участок изотермы  $kl$  указывает область кристаллизации бромного карналлита ромбического; от  $l$  до  $t$  кристаллизуется устойчивый квадратный карналлит; от  $t$  до  $o$  кристаллизуется квадратный неустойчивый карналлит; от  $o$  до  $o$  — хлорный ромбический карналлит.



Фиг. 2. Карналлиты:  $A$  — ромбич.,  $B$  — квадр.,  $b$  — неуст. квадр.,  $C$  — ромбич.

в природе устанавливаются между озерными глинистыми илами и находящимися над ними рассолами, содержащими бромистые соли. Разнообразную картину состояний бромных равновесий мы наблюдаем на астраханских озерах, изучавшихся автором в течение трех лет. Поэтому мы на них главным образом и остановим наше внимание (см. табл. 2, стр. 14).

Из рассмотрения таблицы видно все разнообразие в содержании брома в рассолах астраханских озер, характеризующихся, как правило, черными глинистыми илами на дне.

Ионы брома (как и другие ионы солей, содержащихся в рассолах) подвергаются поглотительному воздействию глинистых илов.

Процесс адсорбции брома, идущий во времени, как мы видим из данных таблицы, может привести почти к полному исчезновению брома из озерного рассола (с чем должны считаться и производители при сохранении бромсодержащих рассолов в бассейнах с глинистым дном).

Те равновесия, которые друг друга сменяют в природной чаше, солевом озере, не только при испарении рассолов в моменты кристаллизации солей, но и при разведениях рассолов, имеют подвижной, текучий характер, при котором наблюдается ряд промежуточных неустойчивых равновесий, медленно стремящихся к конечному устойчивому равновесию.

Таблица 2

Содержание брома в некоторых астраханских озерах (по данным экспедиции 1932 г.)

Название озера	Содержание брома (вес. %) в рассоле	Концентрация рассола в град. Боме
Бекеш-сор . . . . .	0.01	29
Араб-сор II . . . . .	0.01	28
Сапханик . . . . .	0.02	25
Яристое I . . . . .	0.03	26.5
Джамамбай . . . . .	0.03	27
Араб-сор I . . . . .	0.04	31
Хатынь . . . . .	0.05	28
Большое Кордуванское . . . . .	0.06	33
Малое Басинское . . . . .	0.07	29
Малое Кордуванское . . . . .	0.08	33
Дапхур . . . . .	0.09	27
Тинаки II . . . . .	0.10	28
Джуруковское . . . . .	0.11	25.5
Яристое II . . . . .	0.12	25
Карантивное . . . . .	0.16	25

Последнее же так и не достигается вследствие того, что озеро живет под непрерывным воздействием влияющих на озерные равновесия илов, почв, поступающих в озеро вод и т. д.

Ограничиваясь здесь по необходимости только вопросами изменения концентраций брома в озерных рассолах, можно указать на результаты исследований, которые мы имеем к настоящему времени.

Что бром поглощается из рассола глинистым илом было показано В. Николаевым путем сравнения содержания брома в рассолах (Сакского озера), при одинаковых концентрациях солей, но полученных, с одной стороны, в природных условиях (в бассейнах с илом на дне), а, с другой — в искусственных условиях, путем испарения озерной рапы до сравнимой концентрации в отсутствии озер-

ного ила. В первом случае содержание брома в рассоле обнаруживается всегда меньше, чем во втором. На эту же способность к поглощению глинистыми илами брома указывает и сравнение концентраций брома в иловых водных вытяжках, с одной стороны, и в выжимках рассолов, из илов, — с другой.

Для Сакского озера (в Крыму) увеличение брома в иловой водной вытяжке по сравнению с выжимкой повышается с 0.18% до 0.08%; для Красного озера — с 0.008% до 0.21%.

Как показали труды Астраханской соляной станции, процесс поглощения брома илами из внутригрязевого рассола создает непрерывный медленный диффузионный ток брома из-под грязевого рассола во внутригрязевой: содержание брома в последнем обнаруживается всегда меньше, чем в надгрязевом рассоле.

Здесь, следовательно, мы также наблюдаем ряд неустойчивых бромных равновесий, стремящихся к какому-то устойчивому состоянию равновесия между бромом рассола и поглощенным бромом грязи.

Это состояние исследовательскими работами еще не обнаружено; едва ли, однако, можно говорить о полном поглощении брома илами. Во всяком случае сейчас можно говорить о способности глинистых илов уже к накоплению в себе брома.

Может ли это стать предметом промышленного внимания, покажет будущее.

Последние исследования Института физико-химического анализа показывают оригинальное поведение илов к поглощению брома.

В то время, как глинистые илы (как и сама в отдельности взятая глина), освобожденные длительным промыванием водой от ионов хлора, отказываются поглощать ионы брома (и калия) из растворов разных концентраций бромистого калия, добавление к раствору хлористого натрия сейчас же отражается положительным образом на поглощении всех ионов: брома, калия, хлора и натрия. Ионы хлористого калия, как и хлористого натрия, легко (хотя и неравномерно: больше катионы, чем



анионы) поглощаются грязью, промытой до исчезновения реакции на хлор.

В присутствии этих ионов обнаруживается способность к поглощению ионов и брома.

Как будто прошедшие по реакции взаимного обмена:  $\text{NaCl} + \text{KBr} \rightleftharpoons \text{NaBr} + \text{KCl}$ , соли: хлористый натрий и бромистый калий, с одной стороны, и хлористый калий и бромистый калий — с другой, обладающие способностью к изоморфному смешению (твердые растворы) в таком же состоянии и обнаруживают способность к поглощению ионами. Из раствора, содержащего ионы хлора и брома вместе, ионы хлора отдельно от ионов брома не поглощаются.

Эти интересные факты требуют дальнейшего изучения.

Выводом же из этих наблюдений является то, что в природных условиях поглощение брома ионами всегда связано с поглощением хлористого натрия из растворов; процесс же поглощения брома не просто физический (адсорбция), но и, главным образом, химический, и сам хлористый натрий, выделяющийся в соляных озерах, увлекает бром в виде твердого раствора, что подтверждено недавними исследованиями Саратовской центральной научно-исследовательской соляной станции и Астраханской соляной станции.

Таким образом, можно утверждать, что во всех природных образцах поваренной соли, как и в сильвинитовых отложениях, где хлористый натрий смешан с хлористым калием, всегда в той или иной мере (обычно сотые доли процента и меньше, как дают анализы) присутствует и бром.

Даже в препаратах химически чистого хлористого натрия Кальбаума (очевидно они готовятся перекристаллизацией природного хлористого натрия) обнаруживается бром.

В заключение отметим, что на значенные времени в течении химических реакций сейчас обращено серьезное внимание исследователей. То, что характери-

зовалось до сих пор недостаточно определенными понятиями метастабильных и лабильных равновесий, быть может, пора заменить общим понятием неустойчивых (с различной степенью неустойчивости в зависимости от различных условий) равновесий.

Все реакции идут во времени, но с различной скоростью. На пути реакций задерживающимися в той или иной мере причинами являются такие, как размеры кристаллов, быстрота их образования, состав растворов, из которых выделяются кристаллы, в связи с которым возрастающая вязкость раствора, поверхностное натяжение, тепловые эффекты и множество других факторов, играющих роль положительных или отрицательных катализаторов в процессах превращения веществ.

Если же все физико-химические превращения идут во времени, то они и не должны исследователями искусственно изолироваться от этого фактора, если желательно получить полную и точную картину изучаемых процессов.

#### Литература

1. Boeke. H. E. Über das Krystallisationsschema der Ch'loride, Bromide, Iodide von Natrium, Kalium und Magnesium... Zeishchr., f. Krist., 45, 346, 1908.
2. Николаев В. И. Равновесия бром и калий-содержащих водных систем. Изв. ИФХА, т. 7, 1934.
3. Николаев, В. И., Чирков С. К. и Шпикельман А. И. О распределении брома в тройной системе: хлористой калий — бромистый калий — вода. Поступило в печать. Изв. ИФХА, 1934.
4. Тезисы к докладам на первой Всесоюзной конференции по физ.-хим. анализу (Госхимтехиздат, 1933).
5. Попов М., Бундель А. и Холер. Теплоты образования смешанных кристаллов ряда  $\text{KCl} - \text{KBr}$ . Ж. О. Х., 1930.
6. Николаев В. И., Грицевич Е. Г., Стяжкина Е. Г. и Руденко Е. И. К вопросу о происхождении астраханита. Ж. Пр. Х., 1932.
7. Николаев В. И., Кузнецов Д. И. и Бокий Г. Б. К познанию условий образования астраханита. Изв. ИФХА, т. 7, 1934.
8. Николаев В. И. О влиянии грязевого комплекса на состав озерной рапы. Ж. Пр. Х., 1931.

# ПОЧВЕННЫЙ ПОГЛОЩАЮЩИЙ КОМПЛЕКС И ХИМИЗАЦИЯ ПОЧВ СЕВЕРНЫХ ОБЛАСТЕЙ СОЮЗА

И. Н. АНТИПОВ-КАРАТАЕВ

До последнего времени справедливо обращается исключительное внимание на обменные реакции между катионами вносимых удобрений и поглощающим комплексом почвы. Мало освещен вопрос о взаимодействии последнего с анионами удобрительных веществ, как фосфат-, нитрат-ионы и др. В связи с вопросом о формах удобрений, сроках их внесения в почву и пр., эта проблема имеет чрезвычайное актуальное значение.

Характер взаимодействия между удобрительными солями и почвами зависит от химической природы коллоидных частиц, составляющих почвенный поглощающий комплекс. Химический состав твердых частичек различных почв с размерами коллоидального порядка малоизвестен: имеются лишь отдельные валовые анализы, которые могут давать лишь общее суммарное представление о „среднем“ гипотетическом составе отдельной частички (мицеллы). Этого, конечно, совершенно недостаточно для понимания существа явлений. Многочисленные методы определения состава наиболее активных фракций почвы, основанные на предполагаемой большей их растворимости в кислотах или щелочах, подвинули нас также мало в познании химического состава коллоидных частичек. Новейшие попытки (в США) применения рентгенографического метода к изучению характера кристаллических коллоидных частичек различных почв пока только единичны, и полученные этим методом данные ограничиваются областью несомненно кристаллических частичек. С большой долей вероятности можно считать, что коллоидными компонентами почв являются: гидрат окиси железа, гидрат окиси алюминия, кремниевая кислота, вторичные силикаты (и фосфаты) железа, алюми-

ния, первичные минералы (алюмосиликаты), гумусовые вещества, соли или адсорбционные соединения гумусовых кислот с железом, алюминием, кальцием и др.

Нами в Академии Наук СССР в последнее время были поставлены некоторые исследования по определению химического состава и кристаллической структуры (рентгенографическим способом) коллоидов, выделенных из различных почв СССР. Выделяли мы коллоиды двояким способом: обычным отмучиванием и электрофорезом из слабощелочной среды. Рентгеноскопический анализ выполнялся в Ломоносовском институте Академии Наук (Б. К. Бруновским). Работа еще не закончена, но можно уже поделиться некоторыми полученными данными. Исследованию подвергались чернозем, подзолистая почва на ленточных глинах Ленинградской области, желтые подзолистые почвы Сочинского района и краснозем Чаквы.

Известно, что в химическом составе тонких фракций почв содержание кремниевой кислоты сильно уменьшается, и, наоборот, количество полуторных окислов возрастает (в сравнении с составом всей почвы). Отсюда понятно, что молекулярное отношение  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$  в коллоидах почвы значительно меньше, чем во всей почве. Так, для исследованных нами почв получены данные, приведенные в таблице (стр. 17).

Интересны цифры для коллоидов, выделенных электрофорезом. Наименьшее отношение  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$  получено для краснозема (1.61), почти одинаковое — для чернозема, северных подзолистых почв и субтропических желтых подзолистых почв. Если выделяемые катафорезом коллоиды в последних трех группах почв оказываются почти одинаковыми в своей минеральной части, то они

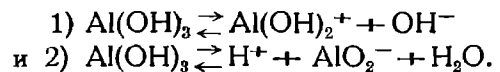
	Горизонты в см	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Примечание
		Коллоиды выделены		
		отмучив.	электрофоре- резом	
Подзолистая почва Ленинградской области . . . . .	5—10	2.69	1.96	Отмучиванием выделена фракция < 0.25 микрона
	30—35	2.31		
	60—65	2.31		
	100—105	2.42	2.70	
Желтая подзолистая почва Сочи № 1 .	0—6		3.21	Отмучиванием выделена фракция < 1 микрона
	28—40	2.66	2.31	
То же № 9 . . . . .	2—7	2.82	2.53	То же
	50—60	3.73	2.84	
Краснозем Чаквы № 21 . . . . .	0—5	1.79	1.61	То же
	50—55	1.52	1.61	
	100—115	1.45	1.61	
Чернозем . . . . .	0—10	2.95	2.69	То же
	50—55	2.93	2.57	
	115—125	3.13	2.13	

резко отличны по количеству гумуса: потеря от прокаливании для коллоидов северных подзолистых почв и черноземов достигает 64—65%, тогда как для желтых подзолистых почв и красноземов эта величина не превышает 17—45%, т. е. в последних наиболее активная часть поглощающего комплекса составлена по преимуществу минеральными частицами. Кристаллические вещества во всех выделенных коллоидах (чернозем не анализировался), судя по рентгеноскопическим исследованиям, представлены монтмориллонитом



лимонитом, каолинитом, мусковитом; в красноземе, кроме этого, — диккитом, накритом; при этом в красноземе и желтых подзолистых почвах вторичные кристаллические коллоидные частички находятся во всех горизонтах почвенного профиля, т. е. в этих субтропических почвах имеются условия для образования и сохранения вторичных силикатов даже в подзолистых горизонтах. Отсюда должно проистекать несколько иное отношение этих почв к вносимым удобрениям, чем наших северных почв.

Дело в том, что, чем больше в составе коллоидных частичек и в коллоидной фракции почв полуторных окислов и чем меньше кремнезема и гумусовых веществ, тем большим амфолитоидным свойством обладает поглощающий комплекс данного горизонта почвы. Рентгеноскопические исследования, как указывалось выше, показали, что из чистых гидратов полуторных окислов в кристаллическом виде распространен в почвах гидрат окиси железа в виде лимонита. Как амфолитоиды, гидрат окиси железа и гидрат окиси алюминия должны в воде диссоциировать двойкой, например:



В кислой среде, согласно закону действия масс, диссоциация по второму уравнению должна быть подавлена, по первому, наоборот, повышена; в результате коллоидная частичка заряжается положительно, т. е. становится огромным по своим размерам катионом, вокруг которого располагаются анионы в эквивалентном зарядам коллоидной частички количестве, в нашем примере OH-ионы. 17

Если к системе прибавить какие-нибудь другие анионы в виде их солей ( $\text{SO}_4^{''}$ ,  $\text{HPO}_4^{''}$  и др.), то произошло бы связывание последних, причем часть из них, особенно фосфат-ионов, была бы связана поверхностью мицеллы (адсорбция по Фаянсу), другая осталась бы в диффузном слое коллоидной частички в диссоциированном состоянии. Только последняя фракция анионов может считаться обменной и является более подвижной, чем первая фракция. В присутствии щелочи (ОН-ионов) подавляется первый способ диссоциации амфолитоида и увеличивается второй, т. е. твердая частичка заряжается отрицательно, становится огромным анионом, и вокруг него ориентируются (адсорбируются) катионы: в нашем случае ионы водорода. Если прибавить к системе другие катионы (например, Са, К), произойдет обменная их адсорбция. Об ионах водорода можно говорить то же самое, что о фосфат-ионах: часть из них можно считать связанной с поверхностью частички (адсорбция по Фаянсу), другую — находящейся в диффузном слое (обменно-адсорбированной).

Из этого краткого изложения вопроса об амфолитоидности можно заключить, что амфолитоидные почвенные коллоидные частички в зависимости от реакции дисперсионной среды могут адсорбировать как катионы, так и анионы. Причем при высоких значениях рН преобладает адсорбция катионов, при низких (т. е. в кислой среде) — связывание анионов. При равных условиях реакции в красноземах Чаквы и желтых подзолистых почвах Черноморского побережья Кавказа связывание анионов (в особенности фосфатов) намного больше, чем в северных подзолистых почвах, а также в черноземах. Исследования нашей лаборатории в ЛОВИУА показали, что красноземы Чаквы могут связывать фосфорной кислоты до 80% миллиэквивалентов на 100 г почвы, что соответствует 1.89%  $\text{P}_2\text{O}_5$  или 56.7 т на га (чудовищные нормы!). Казалось бы, чем более растворимые формы фосфатов вносятся в красноземы и желтые подзолистые почвы, тем лучше для тех культур, которые развиваются на них. Однако, это оказывается не так. Приходится вносить более

щелочные фосфаты, кальций которых должен нейтрализовать почвы и этим устранять опасность прочного связывания фосфат-ионов в кислой среде железом и алюминием; в противном случае необходимо вносить огромные дозы суперфосфата, чтобы предварительно „насытить“ почвы („нейтрализовать“ алюминий и железо их) фосфат-ионом. Только при очень высоких дозах (избыток фосфатов) можно, очевидно, ожидать их благоприятного действия на растения, как это показано опытами проф. А. И. Потапова на чайных культурах. Аналогичную картину, но в меньшем масштабе, наблюдали мы при исследовании и северных подзолистых почв.

Чрезвычайно желательно практику химизации предварять исследованиями адсорбционной способности почв в отношении анионов из различных форм удобрений, чтобы дифференцировать формы удобрений, сроки и порядок их внесения в зависимости от характера и типа почвообразования.

Перейдем к вопросу о кислотности и адсорбционной способности почв в отношении катионов в связи с химическим составом коллоидов. Представим для простоты гумусовую кислоту, которую принимают сейчас за четырехосновную, т. е. каждой из карбоксильных групп соответствует своя ступень диссоциации. Предполагается, что первый водород гумусовой кислоты может быть нейтрализован титрованием щелочью до рН=5, второй — при рН=7, третий — при рН=9 и, наконец, последний — при рН=11.0. Отсюда следует, что в среде, имеющей реакцию ниже 5.0, господствует только первая ступень диссоциации гумусовой кислоты, второй, третий и четвертый типы водородных ионов связаны с поверхностью гумусовых частиц и в свободном виде не существуют. Изменяя реакцию среды, например, известкуя почвы, мы заставляем диссоциировать второй тип и часть третьего типа водородных ионов, т. е. искусственно вызываем их к „жизни“.

Агрономы-практики часто спрашивают: какая форма кислотности влияет на развитие растений: актуальная, обменная или гидролитическая? В отношении актуальной и обменной кислотности, по-

видимому, нет особых разногласий: эти фракции водородных ионов практически существуют — первая в виде свободных водородных ионов и вторая — в виде адсорбированных ионов и способных к обмену на катионы при тех реакциях почвы, которые ей свойственны в данную стадию ее развития. Поэтому эти две группы водородных ионов могут влиять непосредственно на почвенную среду и на развитие растений. Что касается остальных групп водородных ионов, вызываемых „к жизни“ искусственно, т. е. связанных с поверхностью коллоидных частичек в виде недиссоциированных молекул, т. е. тех форм кислотности почв, которые частично объединяются в понятие „гидролитическая кислотность“, то о прямом действии их на растение едва ли следует говорить. Другое дело при известковании почв, когда мы искусственно повышаем рН среды и этим вызываем диссоциацию водородных ионов с поверхности коллоидных частичек почвы; здесь мы должны учитывать потенциальную кислотность почв и по ее величине дозировать количество нейтрализатора (известки).

Определение величины потенциальной кислотности (правильнее так называть, чем употреблять понятие „гидролитическая“ кислотность) мы производим, как известно, быстро, но достаточно произвольно. Правильнее было бы определять количество водородных ионов до строго определенных значений рН в равновесном растворе, т. е. методом потенциометрического титрования. В этом направлении работы должны быть развиты.

Пересмотру подлежит также методика определения актуальной кислотности почв. Установившиеся представления об оптимальных значениях рН почвы для различных культурных растений, по видимому, неточны, и эта неточность проистекает из нашего неумения определять рН в естественной почве, или, вернее, при той ее влажности, которая близка к природной. Только в этих условиях электрод мог бы отразить концентрацию водородных ионов вблизи поверхности коллоидных частичек, т. е. ту концентрацию, с которой должны иметь дело корни растений. По теоретическим соображениям, рН почвы в этих

условиях должно быть значительно меньше, чем те величины, которые мы получаем при помощи существующих методов (об этом говорят и те данные, которые были получены А. В. Трофимовым). В настоящее время единственным методом, который, по видимому, позволил бы измерять рН при небольших количествах воды в почве, является метод стеклянного электрода при некоторых технических усовершенствованиях. Следует подумать об этих технических упрощениях, которые смогли бы сделать этот метод доступным большинству почвенных лабораторий.

Далее. Пример рассмотрения гумусовой кислоты делает понятным такие факты, как повышение емкости поглощения почв в отношении катионов при обработке почв щелочными растворами, в частности — при известковании, так как в этом случае увеличивается диссоциация водородных ионов из молекул гумусовых кислот, кремнекислоты, с поверхности коллоидных частичек алюмосиликатов, гидратов полутвердых окислов, причем места водородных ионов занимают катионы щелочи. Также понятно понижение емкости поглощения в отношении катионов при увеличении кислотности среды и параллельное повышение адсорбции анионов. Отсюда ясна условность понятия „емкость поглощения“ почв, необходимость установления условного значения рН, при котором нужно определять обменную в отношении катионов способность почв.

Перейдем к вопросу об обменных основаниях. Опубликованный до настоящего времени материал, количественно чрезвычайно ограниченный, показывает, что обменные катионы становятся доступными растениям только тогда, когда они обмениваются на водородные ионы тех органических кислот и углекислоты, которые выделяются корнями растений (и микроорганизмами). Для использования обменных оснований растения оказываются вынужденными развивать мощную корневую систему, что указывает на „сопротивляемость“ поглощенных оснований восприятию корневой системой. Различные обменные катионы различно „сопротивляются“ растениям. Нам пришлось в последние два года

заниматься адсорбцией и десорбцией калия почвами. Приведу несколько примеров перехода обменного калия в труднообмениваемое состояние. В 1931 г. почва была насыщена калием, высушена и оставлена до 1933 г. в банке с притертой пробкой. В 1933 г. навески этой почвы обработаны нормальными растворами ацетата натрия, хлористого натрия, слабой кислоты, подвергнуты электродиализу. Получены результаты:

а) электродиализ выделил 58.9% м.-экв. калия;

б) при обработке 10 г той же почвы 1.5 л ацетата аммония выделено 4.4 м.-экв. К, т. е. 44% м.-экв.

Таким образом, ацетатом аммония выделено на 14.9% м.-экв. калия меньше, чем при электродиализе.

в) 10 г той же почвы обработано нормальным раствором хлористого натрия до исчезновения в фильтрате реакции на калий (израсходовано  $\text{NaCl}$  около 3 л). После этого почва на воронке промывалась 0.03н раствором  $\text{HNO}_3$  до исчезновения в фильтрате реакции на калий. В последнем фильтрате найдено 0.35 мг калия, или на 100 г 3.5 мг;

г) 10 г той же почвы обработано нормальным раствором  $\text{CaCl}_2$ . Израсходовано около 2 л раствора. Затем почва на воронке обработана 0.03н раствором  $\text{HNO}_3$ , как и в предыдущем случае. В фильтрате найдено 10.3 мг К в пересчете на 100 г почвы;

д) из 25 г естественного солонца промыванием 1.5л нормального раствора  $\text{NaCl}$  выделено калия 8.1 мг в пересчете на 100 г почвы; дальнейшей обработкой этой навески слабым раствором кислоты дополнительно выделено калия в пересчете на 100 г почвы 14.2 мг.

Таким образом, опыты говорят о различной природе связи калия вносимых удобрений с почвами в зависимости от характера почвообразования. Скорость и условия перехода в труднообмениваемые формы различны.

Приводим результаты таких опытов:

а) навеска пермутита насыщена калием путем обработки раствором  $\text{KCl}$ , избыток электролита отмыт, объект высушен при температуре 110—120°, затем промыт нормальным раствором  $\text{NaCl}$  до исчезновения реакции на калий. После

этого навеска промыта 0.03н раствором  $\text{HNO}_3$  как во всех вышеуказанных примерах; в фильтрате найдено калия на 100 г прокаленного пермутита 33.61 мг;

б) две навески искусственно приготовленного феррисиликата насыщены калием, как в примере „а“, высушены при температуре — одна навеска 110°, другая — 150°. Первая промыта до исчезновения реакции на калий нормальным раствором  $\text{NaCl}$ , вторая — нормальным раствором  $\text{CaCl}_2$ . Затем навески промыты 0.03н раствором  $\text{HNO}_3$ , и в фильтрате найдено от первой навески 10.65 мг К на 100 г, от второй 19.32 мг К на 100 г прокаленного вещества.

Последние опыты с несомненностью устанавливают переход калия в труднообмениваемое состояние, особенно в пермутите. При этом повышение температуры с 110 до 150° заметно увеличивает количество труднообмениваемого калия.

Повидимому, необходимы дальнейшие исследования в этом направлении не только в отношении калия, но и других катионов, не говоря уже об анионах.

Последний вопрос — о растворимости различных фосфатов в зависимости от типа почв.

Общеизвестно положение о том, что труднорастворимые фосфаты (фосфорит, трехкальцевый фосфат) дают доступную растениям фосфорную кислоту в ненасыщенных почвах. Это положение пытаются распространить и на апатит. В нашей лаборатории ЛОВИУА ставились ориентировочные опыты по взаимодействию апатита как с кислыми подзолистыми почвами, так и щелочными солонцами. В обоих случаях апатит не показал повышения растворимости  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Трехкальцевый фосфат, наоборот, сильно увеличил количество  $\text{P}_2\text{O}_5$  в почвенном растворе. Апатит, повидимому, может заметно растворяться только в верховых торфянистых почвах.

В заключение позволю себе выразить надежду, что научно-исследовательские учреждения Ленинградской области уделят значительное внимание изучению вопросов о скоростях и формах взаимодействия удобрений, растений и почв, как одной из основ для построения рациональной системы удобрений почв подзолистой зоны.

# ПРИНЦИПЫ СТРОЕНИЯ СКЕЛЕТА РАСТЕНИЙ

Проф. В. Ф. РАЗДОРСКИЙ

Скелет (твердая основа тела) растений обладает — при некоторых чертах сходства со скелетом животных — резко выраженным своеобразием.

Скелетом растений надо признать систему твердых клеточных стенок; эта система, — в отличие от скелета животных, сосредоточенного в виде крупных масс внутри тела или на поверхности его, — пронизывает все тело растений.

Далее, — в то время как у животных скелет представляет не только каркас прочности, но и существенную часть механизма движения органов и всего тела в целом, — у растений скелет является монолитным, хотя и упруго-гибким, сооружением; в силу этого скелет растений в более полной мере, нежели скелет животных, подлежит трактовке с точки зрения статики сооружений.

Надо подчеркнуть, наконец, что скелет растений является едва ли не наиболее „дорого стоящим“ для особи аппаратом: он строится с затратой весьма значительного количества высококалорийного — богатого законсервированной солнечной энергией — материала.

С точки зрения дарвинизма, необходимо предполагать наличие черт высокой приспособленности аппарата, представляющего одну из крупнейших расходных статей в бюджете растения, к его функциям.

## 1. АРМАТУРА (СТЕРЕОМ) РАСТЕНИЙ

В отличие от некоторых других функций, функции укрепления растительного тела подлежат все ткани и клетки организма. Принцип разделения труда находит себе здесь выражение в том, что некоторые ткани тела растения [ткани прочности, „механические ткани“, как их назвал Швенденер (1)<sup>1</sup>] несут эту функцию или исключительно, или в боль-

шей мере, нежели другие; совокупность таких тканей называют стереомом.

Важнейшей из тканей прочности<sup>1</sup> является склеренхима, встречающаяся в органах в числе как первичных, так и вторичных образований.

Склеренхиму вторичной древесины называют либриформом, склеренхиму вторичного луба — лубяными волокнами.

К „механическим“ тканям относятся, далее, колленхима.

Колленхима довольно метко квалифицируется Швенденером, как „хрящевая ткань растений“ или как „предварительная поддерживающая система во время построения междоузлий стебля“ (10, стр. 22).

Надо отметить здесь еще толсто-стенные клетки, не имеющие характера волокон, которые Чирх предложил называть „склеренхимными клетками в узком смысле слова или, короче, склереидами“. Эти клетки могут образовывать тканевые массы, но встречаются и одиночно (как идиобласты). Склереидам принадлежит в конструкции растительных сооружений сравнительно второстепенная роль.

Кожица, несомненно, будучи покровной тканью, несет одновременно важную роль в укреплении органов, входя, уже в силу периферического положения и значительного утолщения клеточных стенок, в систему „обмотки“ конструкции (см. гл. VI).

В аппарат арматуры нередко вступают различные ткани растения по мере их отмирания; в наиболее ярком виде это наблюдается в так наз. ядре древесины, где все ткани выполняют уже лишь одну „механическую“ функцию.

В той или иной мере в обеспечении прочности растения участвуют все ткани его органов (см. гл. VI).

<sup>1</sup> Цифры в скобках указывают на номера соответствующих работ в прилагаемом списке литературы.

<sup>1</sup> О тканях прочности („механических“ тканях) см. в руководствах по анатомии растений, особенно — у Габерланда (7).

II. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АРМАТУРНЫХ  
(„МЕХАНИЧЕСКИХ“) ТЯЖЕЙ  
РАСТЕНИЙ

Основные данные о механических свойствах материалов, необходимые для инженерно-строительного дела, получаются большей частью из опытов с растяжением цилиндрических (или призматических) образцов до разрыва.

Образец изготавливается с утолщениями на концах, — с „головками“, — которые заправляются в зажимах испытательной машины; наблюдения производятся над отрезком средней части образца, ограниченным метками. Если первоначальная площадь сечения испытуемой части образца равна  $F$ , а противоположные центрированные силы, направленные параллельно оси образца, равны  $P$  и  $-P$ , то величина  $P:F$ , обозначаемая греческой буквой  $\sigma$ , представляет напряжение:  $\sigma = P:F \dots (1)$ . При возрастании сил часть стержня между метками, имеющая первоначальную длину  $l$ , испытывает удлинение  $\Delta l$ ; величина  $\Delta l:l$ , обозначаемая символом  $\varepsilon$ , называется относительным удлинением:  $\varepsilon = \Delta l:l \dots (2)$ . Для многих строительных материалов, напр. для железа, найдено, что в некоторых пределах относительное удлинение — пропорционально напряжению:  $\varepsilon = a \cdot \sigma \dots (3)$  (где  $a$  — величина, постоянная для данного материала); обычно оперируют с величиной  $E$ , обратной  $a$  ( $E = 1:a$ ), и соотношению (3) дают форму:  $\sigma = E \cdot \varepsilon \dots (3')$ <sup>1</sup>.

Упругая постоянная материала  $E$  называется модулем упругости, а экспериментально-физический закон, выражаемый уравнениями (3) и (3'), носит имя Гука.

Соотношение (3) или (3') имеет силу до некоторого напряжения  $\sigma_p$ , называемого пределом пропорциональности. До известного напряжения  $\sigma_e$ , называемого пределом упругости, деформации являются вполне упругими, т. е. тело по удалении „нагрузки“ полностью возвращается к первоначальной форме, и

длина образца между метками становится вновь равной  $l$ .

Величина  $\sigma_e$  приблизительно равна  $\sigma_p$ <sup>1</sup>. При небольшом повышении напряжения за предел пропорциональности у большей части металлов происходит значительное удлинение образца без заметного увеличения растягивающей нагрузки; это явление называется текучестью материала, а напряжение, при котором оно начинает проявляться — пределом текучести ( $\sigma_s$ ).

При напряжениях еще более высоких сопротивление материала вновь повышается, причем, однако, удлинения возрастают значительно быстрее, нежели напряжения; растягивающее усилие достигает в некоторый момент максимальной величины ( $P_b$ ), после чего — и до момента разрыва образца — стержень продолжает удлиняться, но сопротивление его падает.

Соответствующая нагрузке  $P_b$  величина напряжения  $P_b:F$  называется временным сопротивлением материала ( $\sigma_b$ )<sup>2</sup>.

Во время испытания — при постепенном возрастании нагрузки — внешняя сила производит работу деформации. До перехода за предел упругости работа внешней силы (почти) полностью переходит в потенциальную энергию деформированного стержня. Энергия деформации до предела упругости, отнесенная к единице первоначального объема испытуемой части стержня, так называемая удельная работа до предела упругости (или „живое упругое сопротивление“,  $a_e$ ), выражается формулой:  $a_e = \sigma_e^2 : 2E \dots (4)$ , или, что то же,  $a_e = \frac{1}{2} E \varepsilon_e^2 \dots (4')$ .

Полная работа деформации может быть найдена вычислением на основе планиметрирования диаграммы растяжения.

<sup>1</sup> Величина  $\sigma_e$  имеет условное значение: чем точнее приборы, измеряющие удлинения, тем ранее замечаются отклонения от совершенной упругости. Условно поэтому под  $\sigma_e$  разуметь напряжение, при котором остающаяся (т. е. не исчезающая по разгрузке) деформация еще не превышает определенной части от полной деформации.

<sup>2</sup> Это — „коэффициент крепости“ прежней технической литературы.



Механические свойства тканей прочности впервые были изучены — посредством испытания на разрыв образцов с большим содержанием этих тканей, взятых из живых растений — Швенденером и его учениками. Мы приведем здесь величины показателей, полученных из позднейших испытаний (22), произведенных в большем соответствии с нормами испытания материалов и притом над отпрепарированными тяжами, состоявшими начисто из тканей прочности. Показатели относятся к поперечному сечению клеточных стенок.

### III. МЕХАНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА РАСТЕНИЯ

Тело растений подвергается действию механических факторов: 1) статического и 2) ударного характера.

Для самостоятельно поддерживающихся наземных частей (органов) растения весьма важным фактором первого рода является собственный их вес, возрастающий в течение вегетационного периода и быстро снижающийся при явлениях опадения плодов и листопада. К действию собственного веса может, на некоторый срок, присоединяться дей-

Таблица 1

Первичная склеренхима стебля	$\sigma_e \approx \sigma_p \approx \sigma_b$ кг/кв. см	$\epsilon_e \approx \epsilon_p \approx \epsilon_b$ % от $l$	$E$ кг/кв. см	$a_e \approx a_p \approx a_b$ * кг/см/куб. см	Даты испытаний	Число образцов	Примечание
<i>Inula Helenium</i> (Девясил обыкновенный) . . .	3740	1.30	291 000	24.5	20—21 VIII	5	Материал из леса

Таблица 2

Колленхима стебля	$\sigma_e \approx \sigma_p$	$\epsilon_e \approx \epsilon_p$	$E$	$a_e \approx a_p$	$\sigma_b$	$\epsilon_b$	$a_b$ *	Даты испытаний	Число образцов	Примечание
<i>Chaerophyllum bulbosum</i> (Бутень клубневой)	1030	1.34	65 400	7.00	1300	2.32	17.7	2—5 IX	5	Материал из леса

Для сравнения приведем данные о некоторых материалах, употребляемых в технике:

Таблица 3

Некоторые материалы техники (см. 25, 28)	$\sigma_e (\approx \sigma_p)$	$\epsilon_e (\approx \epsilon_p)$	$E$	$a_e (\approx a_p)$	$\sigma_b$
Строительная сталь	2000	0.1	2 000 000	1	от 3600 } ** до 4300 }
Инструментальная сталь . . .	8000	0.4	2 000 000	16	
Резина . . . . .	20	200	10	20	

\* Под  $a_b$  разумеется полная (упругая + остающаяся) работа деформации в кг см на 1 куб. см образца до момента разрыва.

\*\* При содержании углерода от 0.15 до 0.25% (28, стр. 4).

ствии оседающих на растениях атмосферных осадков (в виде дождевой воды, росы, снега).<sup>1</sup> Более или менее статическим является и воздействие ветра в те отрезки времени, когда скорость его остается приблизительно постоянной.

К числу механических факторов ударного (динамического) характера относятся: 1) порывы ветра, 2) удары капель дождя и 3) удары града. Первый фактор прежними авторами-ботаниками не учитывался; относительно значения второго фактора довольно долгое время поддерживались противоположные мнения; путем опытов и наблюдений автору удалось (13) выяснить, что удары крупных дождевых капель являются серьезным механическим фактором для листьев и для цветков.

Что касается, наконец, града, то, надо полагать, прав был Кни, считавший (1885) его фактором катастрофическим, к действию которого растения неприспособлены.

Названные механические факторы представляют „нагрузку“, стремящуюся деформировать или даже разрушить органы растения; органы растений развивают внутренние силы („напряжения“) и, деформируясь, совершают работу сопротивления.

#### IV. РАБОТА ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ, КАК КОЛОНН И БАЛОК

От возможности расшатывания или сдвижения всего растения в целом под действием „нагрузки“ мы здесь отвлечемся; закрепление особи на месте („заякоривание“) является, большей частью, одной из функций корневой системы, которую в настоящем очерке мы не рассматриваем.

В таком случае в тему о прочности (в широком смысле) входят следующие моменты: упругая устойчивость, прочность, упругость, (упругая) работа деформаций.

<sup>1</sup> В некоторых случаях существенным фактором может являться и вес тела животных, сающихся на растение: например, в строительномеханические „задания“ (в задачи прочности и упругости) цветоножек растений, опыляемых пчелами или шмелями, должно входить поддержание тяжести тела насекомого во время посадки его на цветок.

а) Вопрос об обеспечении устойчивости упругого равновесия возникает там, где нагрузка действует на тело, один размер которого весьма мал или же весьма велик по отношению к двум другим размерам. При действии механических факторов (сил сжатия, сгибающих моментов, скручивающих пар) может наступить при известной величине нагрузки, — при так называемой „критической нагрузке“, — момент, когда прежняя форма деформируемого тела оказывается неустойчивой, и от малейшей причины (от сотрясения воздуха, от ничтожной поперечной нагрузки и т. д.) оно переходит в устойчивую форму, резко отличную от прежней.

Для нас здесь важны два случая возможной неустойчивости упругого равновесия.

При сжатии прямого стержня силами, направленными вдоль его оси, критическая нагрузка ( $P_{кр.}$ ) приводит к резкому искривлению стержня; происходит так называемый „продольный изгиб“ (25, стр. 521—535).

В зависимости от конфигурации, характера закрепления и нагружения колонны формула для  $P_{кр.}$  более или менее усложняется, но всегда имеет силу следующее положение: материал используется при построении колонны наиболее рационально при удалении его от продольной оси.

Удалению материала от оси кладется известный предел: в тонкостенных стойках, например в цилиндрических трубках с сечением в виде кругового кольца, под действием продольной сжимающей нагрузки, хотя бы даже равномерно распределенной по поперечному сечению и направленной параллельно продольной оси стойки, может произойти (при известной — другого рода критической — нагрузке  $P_{кр. II}$ ) переход формы в новую, устойчивую: тогда еще до продольного изгиба трубки-колонны в целом, стенка трубки принимает волнистые (в продольном разрезе трубки) очертания.

Конструктивными мерами противодействия является здесь усиление жесткости стенки и снабжение трубки поперечными диафрагмами.

в) Прочность в узком смысле слова предполагает наличие конфигурации

сооружения и механических свойств материала, обеспечивающих сооружение от появления разрушающих напряжений, т. е. напряжений, превышающих временное сопротивление материала.

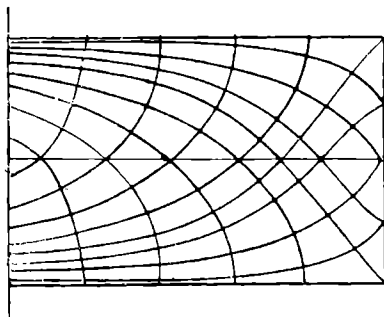
Рамки допускаемых напряжений суживаются другими требованиями, — прежде всего требованиями упругости: сооружение не должно терять своей формы, в нем не должно появляться напряжений, превышающих предел упругости материала.<sup>1</sup>

В применении к рассматриваемым нами органам растений наиболее важен вопрос о прочности на изгиб.

При изгибе стержня (балки) в каждом его поперечном сечении, т. е. выделенной мысленно весьма малой пластинке, перпендикулярной оси балки, имеются, как известно, — зона растяжения, нейтральная линия и зона сжатия; элементы сечения испытывают нормальные (направленные параллельно оси балки) напряжения, пропорциональные расстоянию элементов от нейтральной линии. Изгибающий момент, практически говоря, всегда сопровождается действием поперечных сил; в результате их действия возникают касательные напряжения (напряжения сдвига) в плоскостях элементарных площадок, как направленных вдоль по оси балки, так и расположенных в поперечных сечениях балки.

Напряжения сдвига при геометрическом сложении с нормальными напряжениями дают так называемые главные напряжения; линии, на всем своем протяжении совпадающие с направлениями соответствующих главных напряжений, называются траекториями напряжений; на продольном разрезе балки, параллельном плоскости действия изгибающей пары, эти траектории представляют две системы линий, пересекающихся под прямым углом (фиг. 1).

Если дело идет о прочности балки, наилучшее использование материала



Фиг. 1. Траектории напряжений в балке (при определенных условиях) (по Фепплю, 17).

(т. е. меньшая затрата материала при равном эффекте или больший эффект при равном количестве материала) достигается удалением его от нейтрального сечения балки к периферии.

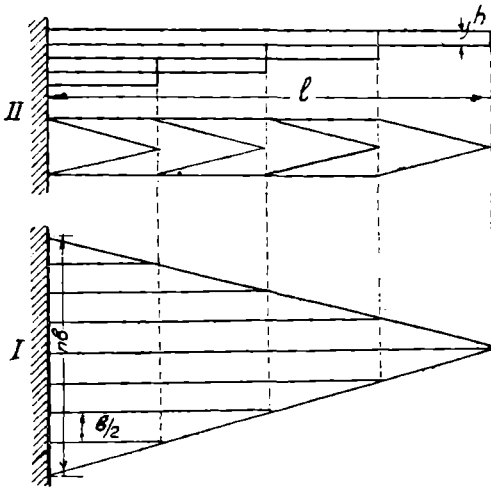
Предел кладется необходимостью избежать чрезмерного повышения напряжений сдвига и опасностью неустойчивости формы балки, возникающей как в случае I-балок (25, стр. 560), так и при трубчатых балках.

е) Жесткость. В отделе о прочности мы говорили о допускаемых напряжениях. Весьма важен, однако, вопрос и о жесткости сооружения, т. е. о его способности выдерживать действие механических факторов без значительных изменений формы, даже упругих; в случае балочных сооружений, дело идет о том, чтобы максимальный в работе балки прогиб („стрела прогиба“,  $f$ ) не превосходил известной доли свободной длины ее („расчетного пролета“,  $l$ ). Так, например, для вертикального прогиба ферм железных мостов допускаются величины, не превышающие  $\frac{1}{750} - \frac{1}{1800}$  расчетного пролета (11, стр. 572).

В конечном итоге, некоторые черты общей конфигурации и размеры поперечных сечений, а вместе с этим и затрата материала, — диктуются нередко в конечном итоге не требованиями прочности и упругости, но необходимостью определенной жесткости.

Обращаясь к растениям, мы не можем не заметить, что их органы, хотя и являются балками, но ведут себя совершенно отлично от инженерных сооружений типа мостов: сам создатель 25

<sup>1</sup> Дальнейшее снижение в величине допускаемых — при расчете — напряжений обуславливается введением коэффициента безопасности ( $n$ );  $n$  берется при переменных нагрузках более высоким, нежели при постоянных; при переменных нагрузках, меняющих направление,  $n$  еще более повышают. Отчасти,  $n$  является „коэффициентом незнания“ (factor of ignorance) (25, стр. 61—74; 62).



Фиг. 2. Листовая треугольная пружина (схема по Кестнеру. Курс паровозов. М., 1922).

теории „жесткости на изгиб“ (Theorie der „Biegungsfestigkeit oder Steifheit“, 3, стр. 404) органов растений восклицал в ту минуту, когда забывал о своей мостовой схеме: „как явно качание стеблей злаков при движении воздуха, с какой легкостью колеблются ветви деревьев, и какое оживление охватывает лес, когда буря надвинется на мощные кроны!“ (4, стр. 79).

Чтобы избежать разрыва между фактами и теорией, мы должны, очевидно, сравнивать стеблевые и листовые сооружения растений не с мостовыми фермами,<sup>1</sup> но с пружинами изгиба, которые являются балками особого рода, гораздо более близкими по „поведению“ и функционированию к органам растений, нежели краны и мосты.

#### в. пружины изгиба и органы растений

В широком смысле, „всякое устройство, которое накопляет энергию в форме работы деформации и постепенно ее отдает, есть пружина“ (9, стр. 613).

Нас здесь интересует вопрос, каким требованиям должны отвечать пружины, работающие на изгиб.

а) Свойства материала. „В тех случаях, когда дело идет о сопротивляемости по отношению к динамическим воздействиям (живым силам) или к действию напряжений, вызываемых сильно меняющимися нагрузками“, „придается

особенное значение живому сопротивлению“ (удельной работе деформации,  $\alpha$ ) (20, стр. 144—145). Для пружин технических решающую роль имеет удельная работа деформации до перехода за предел упругости ( $\alpha_e$ ): появление остающихся деформаций нарушало бы точность работы механизма и приводило бы к его порче.

В обычных условиях<sup>1</sup> „сопротивляемость ударному воздействию определяется по величине удельной работы, получаемой обыкновенными (статическими) испытаниями на растяжение“ (14, т. 2, стр. 2).

в) Конструкция. Конструктивные черты работающих на изгиб пружин техники обуславливаются своеобразием в отношении тел к ударным воздействиям (14).

Теория (и эксперимент) показывает, что пружина изгиба (балка-рессора) должна быть сконструирована так, чтобы материал ее сосредоточивался возможно ближе к нейтральной плоскости (точнее сказать — к продольному нейтральному сечению): балка-пружина должна иметь весьма малую высоту при значительных размерах в длину и ширину; обязательна конфигурация тела равного сопротивления на изгиб.<sup>2</sup> Рессора представляет собою пачку (или несколько сочлененных пачек)  $n$  пластин (фиг. 2, II); эта пачка совершает ту же работу, как одна балка-пластина с размерами  $I$ ,  $nb$ , и  $h$  (фиг. 2, I).

Там, где дело шло бы об ударах, действующих попеременно в различных направлениях, пластинчатая форма должна бы была, разумеется, быть заменена иной — с сечениями в виде круга или многоугольника; но имели бы силу принципы наивозможного приближения материала к продольной оси и развития балки в длину.

<sup>1</sup> Этим условиям отвечает работа органов растений (27, стр. 145).

<sup>2</sup> Сходство в требованиях, предъявляемых к „рационально“ построенным балкам статического сопротивления и к балкам-пружинам, состоит в том, что в обоих случаях наилучшей является так наз. форма равного сопротивления на изгиб (выявляемая на продольных разрезах балки); однако, это требование является особо настоятельным по отношению к балкам-пружинам (14 и 27).

Обратимся теперь к растениям. В большинстве случаев они имеют относительно (и абсолютно) большую парусную поверхность; тело растений устроено так, что имеется целый ряд резких переходов в размерах, форме и направлении частей системы (напр.: пластинка листа — черешок — ветвь — ствол — корень); почва, которой передается часть кинетической энергии („живой силы“) порывов ветра, не поглощенной работой деформации частей растения, обладает лишь весьма незначительной способностью к совершению упругой работы деформации; отсюда вытекает, что части растений (в первую очередь — надземные органы) должны, для предупреждения опасности поломки (особенно в местах перехода) и расшатывания корневой системы в почве, обладать свойствами пружин.

Действительно, и в свойствах материала и в строении органов растений мы найдем отражение принципов пружин изгиба, стоящих в значительной мере в противоречии с теми принципами, которые обуславливаются необходимостью прочности — при экономной за-

трате материала — по отношению к статическим факторам.

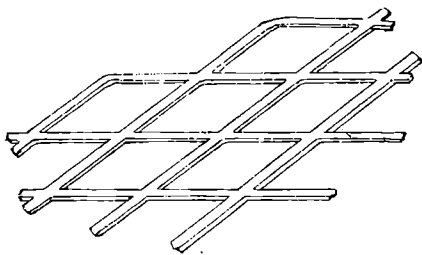
Из вышеизложенного вытекает, что мы представляем себе надземные самостоятельно поддерживающиеся органы растений, как своего рода колонны — балки — пружины или же балки-пружины.

Если принять во внимание и особенности внутреннего (анатомического) строения растительных сооружений, то надо уточнить это определение добавлением еще одного атрибута: органы растений являются комплексными сооружениями.

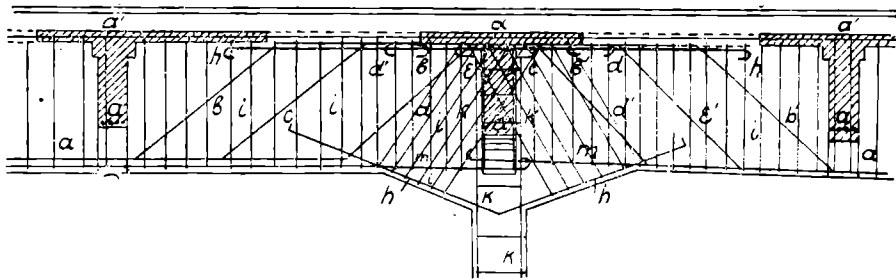
#### VI. РАСТЕНИЯ, КАК КОМПЛЕКСНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Существенные черты архитектоники растений могут быть объяснены — как черты приспособления — с помощью учения о комплексных сооружениях, т. е. о сооружениях, которые, будучи составлены из нескольких различных материалов, работают монолитно: типичными и весьма распространенными в настоящее время сооружениями такого рода являются железо-бетонные конструкции, в которых из бетона образуется основная масса (заполнение), а из железа строится ее арматура (каркас).

Требования, предъявляемые в технике к конструкции железо-бетонных сооружений. Основным требованием, предъявляемым специально к комплексным сооружениям, — в частности к железо-бетонным колоннам и балкам, — является обеспечение монолитности; конструирование должно быть осуществлено так, чтобы партнеры (бетонная основа и железная арматура)



Фиг. 3. „Штрэкмсталл“ — один из типов железной арматуры (по Ферстеру, 16).



Фиг. 4. Часть железобетонного балочного потолочного перекрытия в соединении с колоннами (схема, по Ферстеру, 16). Части арматуры *b, c, d, d', c', b'* служат главным образом для развития сопротивления „наклонным главным напряжениям растяжения“ (см. подробнее 16, стр. 84).

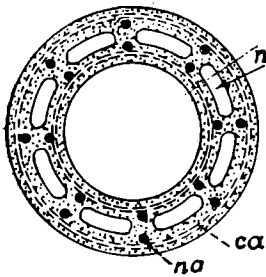


Рис. 1.

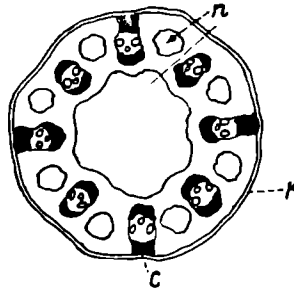


Рис. 2.

Фиг. 5.

Рис. 2. Схема поперечного разреза ( $\times 30$ ) стебля *Trichophorum germanicum* (по Габерланду, 7): *k* — кожа, *c* — склеренхимные тяжи.

Рис. 1. Схема поперечного разреза ( $\times 90$ ) железобетонной фабричной трубы в Элизаветпорте: *na* и *ca* — железная арматура. Рис. 1 и рис. 2: *n*, *n* — полости.

работали солидарно, „с сохранением плоского вида сечений“.

Отчасти солидарность обеспечивается сцеплением между каркасом и основной массой.

Но конструктору приходится принимать целый ряд особых мер для достижения монолитности; сюда относятся следующие конструктивные черты железобетонных балок: 1) закоривание арматуры в сжимаемой части балки; 2) применение арматуры в форме многочисленных более или менее тонких частей (проволок, прутьев, стержней);<sup>1</sup> 3) применение специальных типов арматурных обеспечивающих более прочную ее заделку в окружающий бетон и тем самым рассчитанных на более высокую степень „солидарной работы“ (16, стр. 60); примером может служить так наз. штрэкметалл (фиг. 3); 4) от более крупных и ответственных балочных сооружений требуется (17, стр. 115), чтобы железная арматура хотя бы приблизительно совпадала с траекториями напряжений (фиг. 1); в соответствии с этим, часть арматуры представляет прутья, расположенные под углом в  $45^\circ$  к продольной оси балки (фиг. 4); эти прутья главным образом сопротивляются силам сдвига и скалывания, т. е. силам, в вы-

<sup>1</sup> Раздробленностью каркаса достигается увеличение поверхности сцепления между арматурой и основной массой и большее объединение железа и бетона.

сокой мере способным нарушать монолитность балки.

По отношению к колоннам (стойкам) из железобетона последнее требование отпадает; вместо того — выступает на сцену введение бюгелей (круговых поперечных скреп) или спиральной обмотки: под действием сил сжатия вдоль оси, — на которые главным образом рассчитываются колонны, — бетон стремится „расползаться“ в плоскостях поперечных сечений и разрушаться со сдвигами по плоскостям, наклоненным под углом в  $45^\circ$  к продольной оси, в результате чего должно происходить ото-

двигание прутьев продольной арматуры в направлении от оси к периферии и нарушение связи их с бетоном. Бюгель имеют назначение — препятствовать этим явлениям; аналогично, но в лучшей мере, работают спиральные обмотки.

Органы растений, как комплексные сооружения.<sup>1</sup> При всем различии в истории возникновения, осуществляющих факторах, свойствах материалов, в полной сумме всех функций, комплексные сооружения техники и флоры в такой мере подчинены некоторым общим строительно-механическим принципам, что исследователь находит поразительную аналогию в их конструкции.

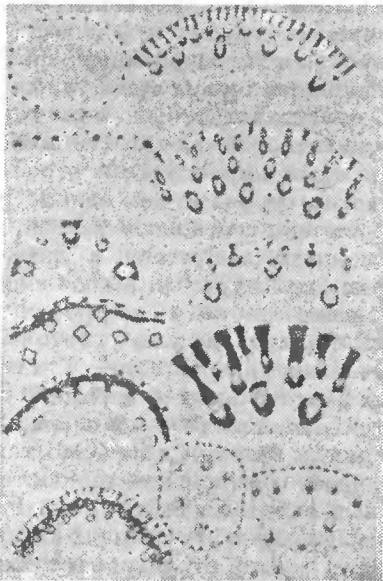
Прежде всего, и там и здесь мы имеем дело с механически более слабой и большей частью более объемистой основной массой (бетон — более мягкие и тонкостенные тканевые массы) и с каркасом (железные прутья арматуры — тяжи и пластинки стереома) (фиг. 5). Обеспечение единства действия разнородных партне-

<sup>1</sup> Предложенная мною концепция строения органов растений, как комплексных сооружений, одновременно и выясняет неправильность Швенденеровой теории „I-балок“ и упраздняет ее за ненадобностью. Лишь в отдельных, немногих, случаях применение Швенденером термина „I-балка“ не является ошибочным; это можно сказать о парах арматурных тяжей с „заполнением“ между ними в некоторых плоских листовых пластинках (см. 13-й тип — „системы субэпидермальных балок“). (См. критику концепции Швенденера в работах 18, 24).

ров достигается аналогичными „средствами“:

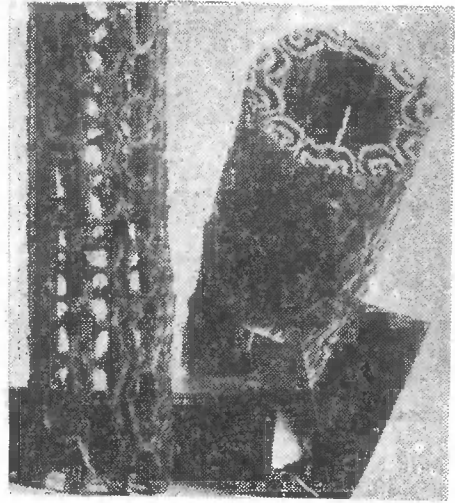
1) Сращением тяжей и пластинок стереома друг с другом, особенно в стеблевых узлах и в местах прикрепления ответвлений, достигается „заякоривание“.

2) Принцип раздробленности арматуры выражен у растений чрезвычайно ярко; особенно сильно бросается в глаза это явление у Однодольных (фиг. 5, рис. 1; фиг. 6, 8, 9), но наблюдается оно также и у Голосемянных и Двудольных в стадии первичного строения; во вторичном их строении дело на первый взгляд обстоит иначе: вторичная древесина представляется невооруженному взгляду почти однородной; однако, при известном увеличении мы видим и здесь, что тяжи „арматуры“ (либриформа) распределены между более слабой в механическом отношении „основной массой“, к которой могут относиться древесинная паренхима, сосуды и трахеиды;<sup>1</sup> аналогичная картина наблюдается, — даже, пожалуй, более отчетливо, — во вторичной коре, где тяжи и пластинки лубяных волокон



Фиг. 6. Схемы конструкции стеблей Однодольных, на (большей частью частичных) поперечных разрезах (сост. автором, по 1). Зачернены — тяжи и пластинки склеренхимы.

<sup>1</sup> В древесине Голосемянных мы увидим, конечно, несколько иную картину строения.



Фиг. 7. Скелеты древовидных папоротников (из коллекции Варбурга в Берлинском ботаническом музее) (фотогр. для автора; уменьш.).

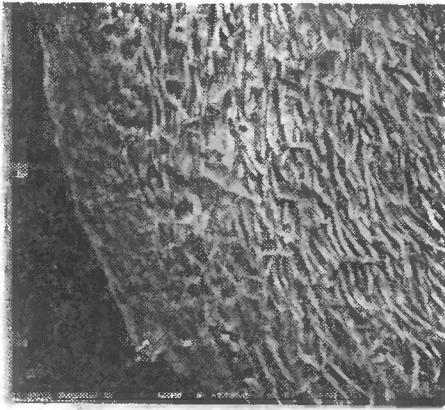
и склереид образуют сетку среди массы лубяной паренхимы, ситовидных трубок (и сопровождающих клеток).

3) Арматура в виде сетки (притом — трехмерной сетки) представляет у растений обычное явление; напр., сетки, весьма близкие к штрэкметаллу, но более совершенные, имеются в стволах древовидных папоротников (фиг. 7); нечто подобное наблюдается в стволах пальм (фиг. 8).

4) Пальмы же представляют удобный объект для демонстрации пересечения элементами арматуры нейтральной плоскости под углом около  $45^\circ$  (фиг. 8).

Стебли и отчасти их ответвления работают не только как балки, но и как стойки (колонны); в соответствии с этим, мы наблюдаем в стеблевых органах конструктивные черты последних: аналогами бюгелей являются сплетения арматурных и других тканей в узлах сплошных стеблей и особые перегородки в узлах полых стеблей; спиральной обмотке — в виде ее предельного выражения (т. е. сплошного натянутого покрова) — соответствует кожа и сращенные с ней субэпидермальные тяжи (или пластинки) стереома.

Растительные конструкции, как более высокая — по сравнению с железо-бетоном — ступень комплексных сооружений. У растения, — 29



Фиг. 8. Часть пластинки, вырезанной двумя продольными радиальными сечениями, из ствода пальмы *Trachycarpus excelsus*; паренхима удалена, без нарушения естественного положения сосудисто-волокнистых тяжей (неск. уменьшено) (фотоснимок с препарата, сделанного автором из живого объекта; уменьш.).

как выразился в свое время (1882) Мешаев, — „постройка производится без циркуля и шаблонов“: в отношении геометрической точности целого и деталей оно уступает сооружениям человека. Однако, длительный эволюционный процесс в условиях борьбы за существование под контролем естественного отбора обусловил то, что конструкция органов растений в ряде существенных черт превосходит достигнутое в технике; это, прежде всего, можно сказать о солидарности материалов.

1) В железо-бетоне материалы, принужденные работать совместно, являются мало приспособленными друг к другу в механическом отношении: бетон разрывается уже при относительном удлинении в 0.01%, и вследствие этого в железо-бетоне лишь в малой мере могут быть использованы высокие механические качества железа.<sup>1</sup>

Иначе дело обстоит в растительных конструкциях: способность „основной массы“ к деформированию здесь весьма высока, и ткани „заполнения“ разрушаются не ранее того, как разрываются тяжи стереома, а потому в растениях

сопротивление арматуры может быть использовано полностью.

2) При повышении напряжения за предел текучести железный образец (стержень, прут, проволока) местами „тянется“ (при растяжении) или „пучится“ (при сжатии); при работе в железо-бетоне эти явления должны вызывать серьезные нарушения связи материалов и монолитности сооружения; „надо обращать особое внимание на достаточную надежность против возможности“ подобных явлений (16, стр. 59). Для растительных сооружений подобной опасности не существует.<sup>1</sup> Весьма важным обстоятельством является, наконец, то, что механические свойства не только „арматуры“, но и тканей „заполнения“ в растительных сооружениях таковы, что органы растений оказываются приспособленными и к сопротивлению статическим факторам и к поглощению энергии ударных воздействий.

В деталях конструкции растительные сооружения являются, можно сказать, более тонкими, более совершенными, нежели сооружения техники: технические трудности изготовления, монтировки и бетонирования каркаса, — в особенности тонких арматурных сеток трех пространственных измерений, — экономическая невыгодность обильного армирования и пр. отпадают у растений, где каркас строится, как единое целое, одновременно с основной массой, путем постепенного валожения и дифференцировки „арматуры“ и „заполнения“ — в процессе роста и дифференциации тканей. Далее, в уже „готовых“, — закончивших разрастание в длину, — частях растительных сооружений производятся „усиления“ и „поправки“ конструкции, и при том не только там, где идет дело о вторичном приросте, связанном с работой камбия; дополнительные изменения в утолщениях клеточных стенок, в тонкой структуре и в химизме

<sup>1</sup> Судя по тому, что наблюдается в испытаниях на растяжение, клеточным стенкам тканей растений не присуще свойство „текучести“ (пластичности при высоких напряжениях): образцы не обнаруживают местных сужений и скольнибудь заметного уменьшения размеров поперечных сечений.

<sup>1</sup> Поэтому более или менее обильная арматура является экономически невыгодной.



их<sup>1</sup> могут играть здесь существенную роль.

Несомненно, формирование архитектуры и выработка типов комплексных сооружений имеют у растений за собой филогенетическую базу длительного процесса усовершенствования: предков современных высших растений мы представляем себе, — если не говорить о предках наиболее отдаленных, — водными организмами, построенными из более или менее единообразных клеток. Сравнивая растения из наиболее молодых групп с консервативными, уцелевшими до нас, типами прежних эпох, мы находим подтверждение очевидного положения, что в комплексном „конструировании“ растения проходили ряд этапов.

Рассмотрим два характерных примера из области крупных и долговечных, а потому „ответственных“ сооружений сравнительно древних типов — Древо-видных Папоротников и Саговников. У тех и у других наблюдаются явления, которые можно определить, как своеобразный прирост в толщину. У древо-видных папоротников вокруг ствола постепенно образуется мощная „кора“ из сплетения твердеющих и отмирающих придаточных корней; эта своеобразная „кора“ играет, без сомнения, большую роль в механическом отношении; однако, мы здесь встречаемся с недостаточностью монолитности. Сплетение из корней повышает, конечно, упругую устойчивость и сопротивление ствола; но, — за отсутствием единства в работе между отдельными, несвязанными друг с другом, корнями и стволом, — „кора“ увеличивает общее сопротивление сооружения, — в особенности при сжатии или же на сжимаемой при изгибе стороне, — в гораздо меньшей мере, чем в том случае, если бы имелось „заполнение“, которое объединило бы всю конструкцию в монолитную колонну — балку, работающую в любой момент с единым нейтральным слоем в каждом поперечном сечении.

У Саговников основания отпавших листьев покрываются жесткой пробкой

и образуют панцырь ствола; этот панцырь работает в деле оказания механического сопротивления; не имея, однако, органического, монолитного скрепления друг с другом, листовые остатки могут развивать лишь напряжения сжатия, в оказании же сопротивления растяжению (на растягиваемой при изгибе стороне) панцырь вовсе (или почти) недействителен.

#### VII. О ПРОПОРЦИЯХ РАЗМЕРОВ СООРУЖЕНИЙ

В соображениях о принципах архитектурности растений нам приходится опираться, — между прочим, и на так наз. „закон пропорциональных сопротивлений“ („закон Барба-Кика“)<sup>1</sup> и вытекающие из него следствия.

Содержание этого закона сводится к следующему: если геометрически подобные тела из одинакового материала находятся под действием гомологичных сил, то деформации тел будут геометрически подобны, а соответственные напряжения (и — вместе с тем — коэффициенты надежности) равны в том случае, если величины соответственных сил, действующих на рассматриваемые тела, относятся, как соответствующие поперечные сечения (как поверхности тел); другими словами, — если внешние деформирующие силы относятся как квадраты сторон (линейных измерений) подобных тел.

Из закона Барба-Кика вытекает, что, если нагрузки возрастают не пропорционально квадрату линейных измерений, но в более высокой степени, то более крупное тело при том же материале и при неизменности коэффициента надежности не может быть геометрически подобным более малой модели: по мере увеличения высоты (длины) тела численное отношение линейных размеров поперечных сечений к высоте (длине) должно повышаться по мере увеличения последней.

Имеющая большое значение для растений сила тяжести является механическим фактором, действующим пропорционально объему, пропорционально

<sup>1</sup> Напр. при образовании „ядра“ в древесине.

<sup>1</sup> Ср. 18, 23 и статью (R. Welzien. Ist der Roggenhalm schlanker gebaut als unsere modernen Schornsteine? — „Kosmos“, 1926), представляющую популяризацию содержания работы 23.

кубу линейных размеров; потому мы находим, — в согласии со следствием из закона Барба-Кика, — следующее: 1) Примем ли мы во внимание, рассматривая действие силы тяжести, устойчивость упругого равновесия или же будем учитывать относительные прогибы ( $f:l$ ) при изгибе, — мы приходим к заключению, что увеличение размеров растения требует „утяжеления“ („Verplumpung“) пропорций, минимально в отношении квадратных корней из длины, — при условии сохранения прочих черт сходства в конфигурации и в физических свойствах материала и при неизменности требований по отношению к строительно-механической надежности; при тех же условиях оказывается:

2) При требовании равнопрочности на изгиб „стройность“ органа-балки должна понижаться — по мере увеличения длины оси балки — в еще более значительной степени.

Следствием утяжеления пропорций сооружения — по мере его увеличения — в зависимости от объемных сил (в данном случае — силы тяжести) является увеличение его жесткости по отношению к факторам, действующим пропорционально поверхности (каким является, например, ветер): сооружения, рассчитанные на сопротивление силе тяжести, будут тем более жестки по отношению к изгибающему действию ветра, чем они крупнее; величины относительной стрелы прогибы ( $f:l$ ), как при ветре определенного направления и скорости, так и максимально возможные [а) до перехода за предел упругости и в) до излома] убывают по мере укрупнения сооружения; иными словами, чем крупнее орган, работающий как колонна или балка, „рассчитанная“ на сопротивление силе тяжести, тем в меньшей мере может он уклоняться от действия ветра.

#### VIII. СТРОИТЕЛЬНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ КОНСТРУКЦИИ РАСТЕНИЙ

В силу условий существования растения, к нему предъявляются высокие требования и со стороны статического сопротивления (действие тяжести и — иногда — ветра установившейся скорости<sup>1</sup>) и в отношении способности вы-

держивать ударные воздействия (порывы ветра, а также, если дело идет главным образом о листьях, удары дождевых капель!). Первому моменту наилучше отвечает невозможное удаление сопротивляющегося материала от продольной оси к периферии (см. гл. IV) и невозможные малые длины органов. Второй момент — работа органа в качестве пружины, выдерживающей удары и разгружающей остальные части растения от их действия — требует приближения сопротивляющейся массы к продольной оси; увеличение длины пружины-балки является полезным (см. гл. V). Далее, — с комплексным характером растительных сооружений связана необходимость обеспечения монолитности в работе партнеров — „арматуры“ и „основной массы“: монолитность требует известной раздробленности арматуры и распределения ее по всему рабочему сечению (см. гл. VI), что находится в конфликте с каждым из двух выше отмеченных требований.

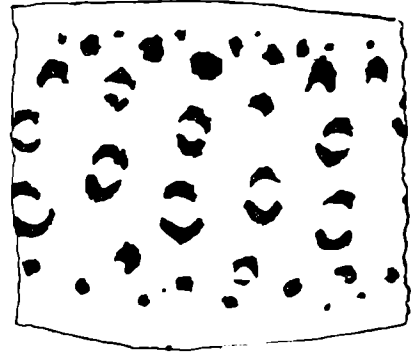
Сюда привходит еще дальнейшее усложнение положения; по линии приспособления к ударному воздействию ветра для растения возможны два варианта конструктивного разрешения:<sup>1</sup> в одном, — более выгодном по относительно меньшей затрате материала, — характерна значительная пассивная податливость, уклонение от полного ударного воздействия путем сильного изгибания, наступающего уже при малой скорости ветра (как, напр., это наблюдается у стеблей и листьев ковыля); в другом варианте преобладает поглощение энергии удара (ствол и ветви дуба!). По мере увеличения размеров растения, — главным образом высоты стебля, — первая возможность отходит на задний план, потому что параллельно с повышением размеров идет требую-

<sup>1</sup> Для приспособления к действию сил тяжести возможны также два конструктивных варианта (назовем их пассивным и активным); вариант пассивный осуществляется в различных его разновидностях у вьющихся, цепких, ползучих, стелющихся и висячих растений. Так как мы условились рассматривать в настоящем очерке архитекtonику самостоятельно поддерживающихся растений, то пассивный вариант (более простой и менее интересный) мы оставляем пока в стороне (и коснемся его ниже).

щееся для обеспечения упругой устойчивости под действием силы тяжести „утяжеление“ пропорций размеров, повышающее относительную жесткость на изгиб и уменьшающее возможный максимальный относительный прогиб (см. гл. VII). Конструкцию органов различных растений или одного и того же растения в последовательных стадиях мы можем понять, как переменную результирующую отмеченных противоположных принципов, в той или иной мере преобладающих один над другим. На одном крайнем крыле конструктивных типов стоят стеблевые органы в стадии первичного анатомического строения (постоянной у большинства Однодольных и временной у Голосемянных и Двудольных), где, так сказать, берет верх периферическая тенденция.

Орган растения в то время, когда он быстро вытягивается в длину, находится на значительном своем протяжении в стадии первичного строения; биологически — в борьбе за свет — чрезвычайно важно прохождение процесса роста в длину быстрым темпом и с наимозможной экономией материала; в строительно-механическом отношении важным моментом является при этом обеспечение устойчивости по отношению к действию силы тяжести, а упругая устойчивость наиболее экономно осуществляется при удаленности сопротивляющегося материала от продольной оси к периферии (см. гл. IV). Потребность в конструкции характера активной пружины стоит в данном случае на заднем плане — 1) потому, что растения, возвышающиеся на доли метра или на один — несколько метров над землей, подвергаются действию ветра не высокой интенсивности, и 2) еще в большей мере потому, что в силу пропорций размеров у небольших растений, допускающих большие относительные прогибы (см. гл. VII), для растения в высокой степени возможно пассивное уклонение от ветра.<sup>1</sup>

Таким образом, преобладание центробежной „тенденции“ материала



Фиг. 9. Схема средней части поперечного разреза листа *Yucca filamentosa* ( $\times 24$ ). Арматура (тяги склеренхимы) зачернена. (Рис. автора).

является в данном случае „рациональным“: его можно считать, выражением приспособленности.

На противоположном конце ряда конструктивных типов стоят древесные стволы (и ветви), где, в особенности у более старых стволов Голосемянных и Двудольных с древесинным ядром, на первый план выступает центрипатальная „тенденция“ прочного материала, — тенденция, несколько смягченная здесь (как и в предыдущем случае) раздробленностью стереома, соответствующей комплексному характеру сооружения (см. гл. VI). В этом случае, опять-таки, можно говорить о строительно-механической „рациональности“, так как конструкция здесь должна носить ясно выраженный характер пружины (см. гл. V): рассматриваемые растения имеют огромные парусные поверхности, подвергаемые (на протяжении ряда лет!) действию интенсивных ударов ветра, причем уклонение от действия более сильных порывов ветра возможно в несравненно меньшей мере, нежели в случае малых растений — в силу иных пропорций в размерах у стволов и ветвей (см. гл. VII).

Промежуточные типы конструкций прекрасно охватываются нашей концепцией. В больших листовых пластинках и черешках, например у крупных Лилейных и Пальм, мы видим строение, при котором все три главных принципа оказываются как бы равноправными: мы наблюдаем почти равномерное

<sup>1</sup> Уже при слабом ветре многие из Злаков и Осоковых „клонятся до земли“.

распределение арматуры на поперечном сечении органа (фиг. 9). Так как здесь высоки и статические требования (большая тяжесть листьев, действующая на длинном плече!) и потребности в пружинной работе (огромные парусные поверхности и пониженная, в силу значительных размеров органов<sup>1</sup> уклончивость перед ударами!), то сплошное поперечное сечение с более или менее равномерным распределением арматуры надо признать „рациональной“ для данных случаев конструктивной формой. Наша концепция выдерживает испытание и в применении к конструкции стволов древовидных Однодольных—Пальм, Лилейных и др. Древовидные Лилейные (драцены, юкки и пр.), обладающие, как известно, вторичным ростом в толщину, имеют во вторичном приросте арматурные тяжи (из толстостенных трахеид, окружающих флоэмную часть пучков), разбросанные по поперечному сечению; так как со временем и „межпучковая древесная паренхима у крепких древесин<sup>2</sup> драцен приобретает довольно твердые... и одревесневшие клеточные стенки“ (2, стр. 369), то принцип периферической „тенденции“ и здесь с возрастом сходит на нет. Дополнительное одревеснение и утолщение клеточных стенок межпучковой паренхимы по всему поперечному сечению происходит — большей частью — с течением времени, и в стволах Однодольных (Пальм), не обладающих вторичным ростом.

В механических свойствах у тканей тела растений мы также усматриваем совмещение признаков приспособленности различного рода. Изучая физические свойства клеточных стенок склеренхимы, мы находим, что 1) по величине отношения  $E : \gamma$ , — играющего роль в устойчивости упругого равновесия и в жесткости на изгиб под действием собственного веса (18, 23), склеренхима очень близка к техническому железу; 2) по значениям предела упругости  $\sigma_e$  и временного сопротивления  $\sigma_e$ , — величин, важных в отношении надежности против появления остающихся

деформаций и против разрушения статически действующими факторами (18, 23), типичная склеренхима может соперничать со строительной сталью (см. табл. 1 и 3); 3) вместе с тем, и по отношению к действию ударов (динамических нагрузок) склеренхима стоит на высоком уровне: по величине показателя  $d_e$  (т. е. по удельной работе, — иначе, энергии деформации единицы объема до предела упругости) она близка к каучуку (см. табл. 1 и 3).

Что касается тканей „заполнения“, то, как мы упоминали, по своим механическим свойствам они прекрасно приспособлены для солидарной работы с „арматурой“.

В настоящем очерке мы говорим о конструкции наземных самостоятельно поддерживающихся органов растений во взрослом состоянии. В случаях иного рода, где дело обстоит проще, сущность приспособительных конструктивных черт была более или менее удачно схвачена авторами без помощи технической науки; так, Адриан де Жюссье отметил (1843) сходство стеблей крупных лиан с канатами, а Фриц Мюллер объяснил (1866) это сходство, как приспособление строительного-механического характера. Говоря о приспособлении таллома (или частей его) водорослей к действию механических факторов, Ольтманнс проводит аналогию с бичами, флагами и т. д. (19).

Не останавливаясь на этих и других простых растительных сооружениях, отметим только, что они — в своей конструкции — являются сильнейшими аргументами в пользу того утверждения, что именно функции прочности 1) требуют у наземных самостоятельно поддерживающихся органов растений больших расходов материала на скелет (и, в частности, — на арматуру) и 2) в высокой мере (или даже в первую очередь) обуславливают размеры поперечных сечений органов и пропорции размеров растения. В самом деле, у лиан (при их огромных листовых поверхностях и мощной работе подъема почвенного раствора по стеблю!) весьма длинные стеблевые органы имеют очень малые поперечные размеры; вообразить себе стель лианы держащимся отвесно без

<sup>1</sup> См. гл. VII.

<sup>2</sup> О „древесине“ здесь можно говорить лишь весьма условно.

опоры можно, разумеется, лишь при условии очень значительного увеличения размеров поперечных сечений и солидной конструкции монолитно-комплексного типа.

Тот факт, что размеры и конструкция водорослей в тот момент, как они (напр., при отливе) перестают быть погруженными в воду, могут оказаться совершенно не достаточными для поддержания самостоятельного положения в пространстве, отмечен был еще Клоустоном (1834).

В том и в другом случае имеется налицо разгрузка от механических факторов—в силу того, что растение (лиана) пользуется готовой опорой, или же (водоросль) как бы облегчено в своем весе—по закону Архимеда—вследствие погружения в воду. Едва ли можно сомневаться в том, что разгрузка и обуславливает достаточность чрезвычайно слабой—по размерам поперечных сечений и по свойствам материала—конструкции в рассматриваемых и в аналогичных им примерах.

Мы бы смотрели слишком узко и односторонне на вещи, если бы полагали, что можно исчерпать принципы архитектоники растений, рассматривая их органы исключительно как строительные сооружения. Инженерные сооружения не обуславливаются в характере их формы и в размерах исключительно соображениями прочности: при проектировании и выполнении их играют роль и другие моменты: технологические, эстетические, экономические.

Тем менее мы можем ожидать исключительного значения строительно-механических принципов в теле растения, которое является не только сооружением, но и живым организмом с его разнообразными функциями.

Больше того: имеются случаи, где не только некоторые детали, но и общая форма, размеры и их соотношения определяются не механическими принципами: едва ли можно, например, сомневаться в том, что форма и размеры стеблей шаровидных кактусов определяются—в основном—функцией накопления, хранения и медленного расходования воды.

Наконец, надо сказать, некоторые растения строят „наперекор“ инженерным принципам: так, например, у африканских сложноцветных из рода клейний (*Kleinia articulata* и др.) разветвления стебля являются утолщенными на свободном конце и, наоборот, весьма тонкими близ места прикрепления,— в результате чего ветви „отламываются при малейшем ветре“ (8); при ближайшем знакомстве с клейниями мы узнаем, что отломившиеся побеги ее несут функции вегетативного размножения и распространения растений (8): таким образом, самая ломкость является здесь подсобным строительно-механическим устройством.

Подобные—исключительные—случаи не могут заставить нас отказаться от положения, развитого на предыдущих страницах: „надземные органы растений с развитой арматурой строятся в высокой мере в соответствии с принципами достижения прочности (в широком смысле слова) при экономной затрате материала“.

Мы не забываем, что этими принципами не исчерпываются все особенности архитектоники растений.

#### IX. К ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ УЧЕНИЯ О ПРИНЦИПАХ АРХИТЕКТониКИ РАСТЕНИЙ

История учения о строительно-механических принципах конструкции растений является одним из ярких примеров зарождения и развития научных идей в процессе тесного взаимодействия теории и практики, науки и техники.

Строительно-механическая „рациональность“,—соответствие между работой сопротивления механическим факторам и строением,—у растений издавна привлекала внимание натуралистов и техников; мало сказать, что архитектоника сооружений Флоры освещалась каждым из авторов в соответствии с уровнем современных ему науки и инженерно-строительного дела: практическое ознакомление с конструкцией растений, как и стремление теоретически „объяснить“ ее, давало не раз новые импульсы прогрессу техники.

На заре науки о сопротивлении материалов и теории упругости работа установления основных положений этих

дисциплин стояла в тесной связи с рассмотрением конструкции растений (и отчасти—скелета животных). Отец науки о сопротивлении материалов Галилей, излагая положение о преимуществе полотрубчатой балки перед сплошной при изгибе, иллюстрирует его примером соломины; устанавливая закономерность, являющуюся прототипом закона Барба-Кика (закона пропорциональных сопротивлений), Галилей сравнивает пропорции размеров „дуба средней вышины“ и воображаемого „дуба в двести локтей вышины“ (1638).

Автор основного в учении об упругости закона—Роберт Гук—совместно с одним из основоположников анатомии растений—Неемией Грю—снова и несколько подробнее, нежели Галилей, обсуждают значение полотрубчатой конструкции соломины и, сверх того, объясняют некоторые детали в анатомическом строении стеблей и листьев, как устройства, повышающие устойчивость органов и прочность их на изгиб. Гук и Грю, далее, удачно истолковывают одну из черт конструкции корней (1672). В эпоху, когда биологические науки сильно подвинулись вперед, и учение о сопротивлении материалов и статике сооружений стояло уже на высоком уровне, а инженерно-строительное дело было в периоде энергичного развития, архитектурой растений вновь начинают интересоваться исследователи.

Философ инженер Спенсер, пользовавшийся в ботанической части своих „Основ биологии“ (1864) сотрудничеством ботаника Гукера, уделяет большое внимание полотрубчатой конструкции, объясняя ее, как приспособление к „приобретению той прочности, которая необходима для сохранения отвесного положения“, при условии экономии в материале; Спенсер, таким образом, ближе, нежели его предшественники, подходит к освещению вопроса об упругой устойчивости стебля, дифференцируя его от вопроса о сопротивлении изгибу.

Спенсер набрасывает очерк эволюции архитектурной растений в связи с переходом растений из водной среды на сушу и, далее, в связи с повышением их размеров и сложности строения.

36 Наконец, от вопроса об „унаследован-

ных строениях“ Спенсер переходит и к проблеме реагирования особи на механические воздействия развитием „поддерживающей ткани“.

Первым, кто произвел (1874) (1) специальное исследование по вопросу о механическом принципе в анатомическом строении растений, — был Швенденер, крупный ботаник, обладавший „стремлением к математической строгости и точности в изложении фактов морфологии и истории развития“ (15, стр. 4); „инженерные конструкции, прочные на изгиб или же на сжатие, железные мосты и залы вокзалов с их бесчисленными I-балками привели его к идее о растительном скелете, построенном по тем же самым принципам“ (15, стр. 11).

Швенденер гораздо более полно, нежели его предшественники, и вполне убедительно для ботаников его времени развил мысль о наличии у растений „специально механических тканей“ и установил связь между свойствами их клеточных стенок и расположением их в теле растений—и функцией обеспечения прочности органов. Учение Швенденера (1, 3, 4, 6, 10) сыграло большую роль в ботанике, послужив импульсом к развитию физиологической анатомии растений, но в наше время оно оказывается уже неудовлетворительным, так как содержит ряд крупных недостатков. Одним из главных источников слабости учения Швенденера является стремление его свести поведение органов растений и их конструкцию в целом и в деталях к односторонним принципам: все механические факторы (основным из которых Швенденер считает изгибающее действие ветра) рассматриваются в его теории, как статически действующие; единым строительно-механическим принципом для самостоятельно поддерживающихся наземных стеблей и листьев является—по Швенденеру—достижение жесткого (!) сопротивления изгибу при экономной затрате материала; „стереом“ стебля или листа он считает аналогичным железной мостовой ферме, а детали стереома—комбинациями двутавровых балок.

Другая причина дефектов учения Швенденера лежит в недостаточности

технической науки того времени (1873—1874 гг.), когда работал над своим трудом Швенденер, для разрешения поставленной им себе задачи.<sup>1</sup>

В последней четверти XIX столетия в теории и в практике инженерного строительства были достигнуты успехи, которые могли быть использованы и для дальнейшего развития учения об архитектонике растений. В период времени с 1878 по 1885 г. был установлен „закон пропорциональных сопротивлений“ („закон Кика“). В 1883 г. Гринхиллем „для д-ра Аза Грея, профессора ботаники“, был теоретически освещен в основных чертах вопрос об условиях упругой устойчивости стержней и мачт под действием распределенной сжимающей нагрузки (в частности — от собственного веса); позже этот вопрос продолжали разрабатывать Ясинский, Тимошенко, Динник. В наше время выводы этих авторов нашли себе применение и в технике — при расчете высоких радиомачт — и в ботанике (18, 23).

В 1867 г. Монье взял патент на железо-бетонные сооружения. Не случайным мы считаем то обстоятельство, что Монье был садовником. В первых своих сооружениях (железо-бетонных кадках для пальм) Монье, очевидно, сознательно или же подсознательно, подражал конструкции растений: он не был анатомом, но, конечно, не раз имел дело с разрезанными или разломанными черешками пальмовых листьев и т. п., и картина более мягкой массы с распре-

деленной в ней сеткой крепких упругих тяжей могла натолкнуть его на „изобретение“ железо-бетона.

Установление первых теоретических основ для расчетов железо-бетонных сооружений на прочность было, однако, произведено (Кененом) лишь по истечении 20 лет после того, как Монье взял первый патент; еще 35-ю годами позже основы учения о комплексных (железо-бетонных) сооружениях были использованы в ботанике (18, 24).

Если изложенная выше (гл. IV—VIII) концепция архитектоники растений представляет — на пути, намеченном еще Галилеем, Гуком и Грю — продвижение вперед по сравнению с долго господствовавшим учением Швенденера, то главными причинами здесь являются: 1) возможность для автора использовать основы дисциплин инженерно-строительного цикла в их современном состоянии и 2) стремление охватить в основном возможно глубже сложные внутренние отношения в растительных сооружениях, в их приспособленности к разнородным механическим факторам.

Основное положение заключительной главы нашего очерка — значение контакта между ботаникой и техникой — было в недавнее время выдвинуто, притом в еще более подчеркнутой форме, одним из видных представителей технической мысли — Пробстом.<sup>1</sup>

Излагая содержание ботанической работы (24), проводящей аналогию между строением скелета растений и конструкцией железо-бетонных сооружений, Пробст (26) в заключение высказывается следующим образом: „для инженера изучение таких работ имеет огромное значение: оказывается, ведь, что в природе уже существовало все то, над чем он трудится, и что по отношению к природе он является не столько властелином, сколько — нередко бессознательно — подражателем.“

Отрадно, что натуралисты занимаются инженерными проблемами, — с тем, чтобы извлечь из этого пользу для исследования в их собственной науке.

<sup>1</sup> Впрочем, Швенденер не полно и не всегда с полным знанием дела использовал и то, что могла дать ему техническая наука его времени (см. 18, 23, 24, 27). Вскоре после опубликования работы Швенденера (1), учение его подверглось критике, главным образом, со стороны Мешаэва (1882) и Детлефсена (1884) (5), но критика эта прошла в науке почти незамеченной, — в значительной мере по той причине, что противники Швенденера сами не имели под собой прочной базы. Учение Швенденера до сих пор еще излагается в ботанических руководствах; популяризаторы этого учения закрывают глаза на то, что 1) по Швенденеру основным принципом конструкции стебля элаков и др. является „создание наибольшей жесткости (!) на изгиб от ветра при наименьшей затрате материала“, что 2) строение стволов теория Швенденера определительно квалифицирует, как „нерациональное“, и что 3) внешне блестящее учение о I-балках в стеблях и листьях основано почти сплошь на недоразумении.

<sup>1</sup> Пробст — профессор Политехнического института в Карлсруэ — был участником недели германской техники в Москве.

Взаимное оплодотворение между биологией и техникой, без сомнения, послужит на пользу обеих наук.

#### Литература<sup>1</sup>

1. Schwendener, S. Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monocotylen etc. Leipzig, 1874.
2. De Bary, A. Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig, 1877.
3. Nägeli, K. und Schwendener, S. Das Mikroskop. 2. Aufl. Leipzig, 1877.
4. Schwendener, S. Über die Festigkeit der Gewächse (Württemberg. naturwiss. Jahreshefte, Bd. 34, 1878).
5. Detlefsen, E. Über die Biegungselasticität der Pflanzen. (Arb. d. Bot. Inst. in Würzburg, Bd. 3, 1884—1887).
6. Schwendener, S. Zur Lehre von der Festigkeit der Gewächse (Sitzungsber. d. Preuss. Akad. d. Wiss. Phys.-math. Cl. 1884, 2-er Halbband, S. 1045).
7. Haberlandt, G. Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig. 1. Aufl., 1884; 6. Aufl., 1924.
8. Кернер Ф. Мариаун. Жизнь растений. Изд. „Просвещение“, 1901—1903.
9. Perry, J. Angewandte Mechanik. Uebers. v. R. Schick. Leipzig — Berlin, 1908.
10. Schwendener's Vorlesungen über mechanische Probleme der Botanik, herausg. von C. Holtermann. Leipzig, 1909.
11. Патон, Е. О. Железные мосты. Т. I, 3-е изд., Киев, 1915.
12. Probst, E. Vorlesungen über Eisenbeton. 2 Bde., Berlin, 1917.
13. Rasdorsky, W. Recherches sur l'action mécanique des aversez sur les plantes. (Bull. de la Soc. d. Nat. de Moscou, 1917, pp. 221—276).
14. Кирпичев, В. Сопротивление материалов. Т. I и т. II, П., 1916—1918.
15. Haberlandt, G. Gedächtnisrede auf Simon Schwendener. Berlin, 1919.
16. Foerster, M. Die Grundzüge des Eisenbetonbaues. Berlin, 1921.
17. Föppl, A. Vorlesungen über technische Mechanik. Bd. III: Festigkeitslehre. 9. Aufl., Leipzig — Berlin, 1922.
18. Rasdorsky, W. Beiträge zur Lehre von den baumechanischen Prinzipien in der Konstruktion der Pflanzen. (Bull. de la Soc. d. Nat. de Moscou. Sect. biol. Année 1918—1922, Nouv. série, T. 31, 1923).
19. Oltmanns, J. Morphologie und Biologie der Algen. 2. Bd., 2. Aufl., Jena, 1923.
20. Bach, C. und Baumann, R. Elastizität und Festigkeit. 9. Aufl., Berlin, 1924.
21. Раздорский, В. Растение как сооружение, ч. I (Труды Азербайдж. Гос. униф., т. III, Баку, 1924, стр. 191).
22. Раздорский, В. Архитектурные элементы тела растений. Ч. I (Изв. Сев.-Кавказск. пед. инст., т. II, Владикавказ, 1924).
23. Rasdorsky, W. Über die Dimensionsproportionen der Pflanzenachsen. (Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 44, Berlin, 1926, S. 175).
24. Rasdorsky, W. Über das baumechanische Modell der Pflanzen (Там же, Bd. 46, 1928, S. 48).
25. Тимошенко, С. П. Курс сопротивления материалов. 8-е изд., Гос. изд., М.—Л., 1929.
26. Probst, E. Baumechanische Probleme in der Pflanzenkunde. (V. D. J. Nachrichten. Mitteil. d. Vereins deutsch. Ing. u. d. Deutsch. Verb. Techn. Wiss. Vereine. 11 Jahrg., № 21, Berlin, 1931).
27. Раздорский, В. Теория пружин изгиба на службе строительной механики растений (Изв. 2-го Сев.-Кавказск. пед. инст., т. IX, г. Орджоникидзе, 1932, стр. 143).
28. Тимошенко, С. П. Сопротивление материалов. Ч. I. Пер. с англ. изд. доц. В. Н. Федорова. Л., 1932.

<sup>1</sup> Более подробные указания литературы имеются в приведенных в списке работах автора.

## О ВИТАЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ ВЫСШИХ ОРГАНИЗМОВ<sup>1</sup>

Проф. П. А. ФОНВИЛЛЕР (Prof. Dr. P. VONWILLER)

При критическом обзоре методов микроскопии высших организмов как животных, так и растений, мы должны прийти к выводу, что все они весьма односторонни. Большею частью мы исследуем изолированные, уже мертвые части организма. Объект сначала „фик-

сируется“, следовательно убивается, затем подвергается целому ряду искусственных воздействий, и в конечном счете получается дифференцированный, якобы неизменный препарат. Этот препарат исследуется при помощи классического биологического микроскопа в проходящем свете. И в результате живой объект превращается в мертвый,



искусственно обработанный материал. При этом считают, что все воздействия: фиксация, резка, окраска, заключение в бальзам и т. д., „существенно“ объект не изменяют, и можно безошибочно реконструировать живой объект по мертвым препаратам.

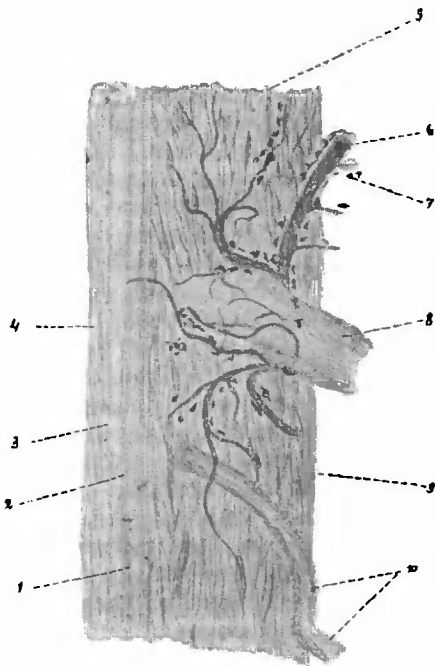
Непосредственный метод исследования живого объекта считался до настоящего времени „желательным, но практически неосуществимым“ (Рубашкин. Основы гистологии, 1932). Прежде всего надо признать, что мнение, будто гистологическая обработка безразлична для объекта, явно ошибочно. Изменение начинается с первого момента обработки — фиксации, но и влияние дальнейших манипуляций тоже далеко не безразлично. Невольно встает вопрос: почему, желая исследовать живое, мы исследуем мертвое? Нам кажется, что вина исследователей заключается в чересчур пассивном отношении к применяемой методике и к инструментарию. Без возражений принимается классический микроскоп и к нему, подчас даже насильно приспособляется исследуемый объект. Мы знаем, что только незначительную часть живого организма можно исследовать при помощи этого микроскопа. Эти немногие объекты, однако, слишком различны для каких-либо единообразных установок. Такими давно известными объектами является плавательная перепонка лягушки, на которой так удобно изучать циркуляцию крови, край хвоста головастика и еще незначительное число подобных же объектов. Все остальные объекты мы вынуждены исследовать методом фиксации со всей последующей обработкой.

Некоторые ученые пытаются создать искусственное поле наблюдения у млекопитающих, доступное витальной микроскопии. Интересный метод предложен Кларком и Сандисоном. Они сделали на ухе живого кролика отверстие и закрыли его с двух сторон стеклянными пластинками. Получилась прозрачная камера, в которую вросла новообразованная ткань с кровеносными и лимфатическими сосудами. Рядом с микроскопом помещалось подопытное животное, а исследуемая прозрач-

ная камера помещалась на предметный столик обычного микроскопа. Таким образом, можно было прижизненно наблюдать новообразованную соединительную ткань с сосудами, циркуляцию крови и лимфы в последних. Можно было экспериментировать, пересаживая в камеру различные ткани, например кости, железы, применять витальную окраску, действие различных фармакологических веществ и контролировать результаты при любом увеличении. Этот исключительно тонко разработанный метод, хотя и очень ценен, но, к сожалению, ограничен ухом кролика, и не дает возможности применить его на других объектах.

Мы имеем еще другой метод, удобный для витальной микроскопии — культуру тканей. Нужно оговориться, что, несмотря на необычайный интерес этого метода, он позволяет наблюдать только отделенные от организма частички тканей — живой, но живущий в совершенно необычных условиях материал. Нам думается, что главные достижения этого метода касаются в большей степени физиологии и патологии, нежели морфологии (ср. кн. Румянцева).

Итак, мы должны признать, что до сих пор микроскопия не знала метода, который давал бы возможность наблюдать при любых увеличениях все живые организмы, одновременно экспериментируя и оценивая результаты нашего вмешательства. Однако, как мы увидим ниже, такой метод витальной микроскопии уже существует и применяется, но неизвестен широкому кругу экспериментаторов. Так как совершенно очевидно, что наш классический микроскоп для этого метода непригоден, мы пришли к заключению, что не объект нужно насильно приспособлять к микроскопу, а, наоборот, приспособить микроскоп к неприкосновенному живому объекту. Весь микроскоп перестраивается для витальной микроскопии, и в связи с этим меняется все направление нашего научного исследования. На основе всех этих соображений и опытов был разработан в течение последних 12 лет метод витальной микроскопии на любых объектах, с любыми увеличениями.



Фиг. 1. Спинальный мозг „*Rana fusca*“ „in vivo“ и „in situ“. Вид с дорсальной стороны по сле от открытия позвоночного канала. Бинокулярный микроскоп (Лейтг), объектив 6 окул. Г. 5 X, Молодламп, косо-падающий свет.

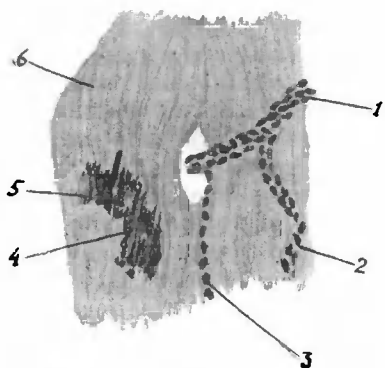
1 — пучок Голяя. 2 — спиной шов. 3 — граница между пучком Голяя и Бурдаха. 4 — пучок Бурдаха. 5 — боковой пучок. 6 — большой кровеносный сосуд. 7 — пигментные клетки, вдоль кровеносного сосуда. 8 — дорсальный корешок 3-го спинального нерва. 9 — латеральная граница спинального мозга. 10 — дорсальный корешок 4-го спинального нерва.

Разрабатывая и совершенствуя уже существовавшие клинические методы витальной микроскопии — капилляроскопию и щелевой микроскоп, пригодные только для слабых увеличений, применяя в дальнейшем опак-иллюминатор и систему ультропак с некоторыми усовершенствованиями (универсальный штатив, особые источники света и пр.), мы достигли желаемой цели. Витальная микроскопия стала возможна и на человеке (ср. Ванотти).

Без преувеличения можно сказать, что такая перестройка не только микроскопа, но и всей микроскопической методики открыла новые широкие горизонты для биологической микроскопии. Все нормальные, так же, как экспериментально или патологически измененные, живые органы и ткани могут быть исследованы с любыми увеличениями.

При этом, в противоположность классическому методу, основным является бережное отношение к исследуемому объекту. Из этих соображений мы иногда отказываемся даже от витальной окраски и пользуемся только естественными световыми рефlekсами, лучепреломлением и т. д. Для витальной микроскопии внутренних органов мы прибегаем часто к хирургическому вмешательству, иногда очень сложному, если имеем дело с глубоко-лежащими органами, например щитовидной железой или пограничным столбом симпатического нерва. Примеры таких операций даны в наших работах: 1) „Наблюдение над кровеносными сосудами и циркуляцией крови в стекловидной оболочке глаза“. 2) „Тиреоскопия“. Такие операции проводились над животными и растениями, но не исключена возможность применения этой методики и при хирургических операциях на человеке.

После этих предварительных замечаний, мы остановимся вкратце на некоторых наблюдениях, проведенных в нашей лаборатории над живой центральной нервной системой позвоночных. Эта область до сих пор была совершенно недоступна витально-микроскопическому исследованию. Мы исследуем живую „неповрежденную“ центральную нервную систему с сохраненной циркуляцией крови. Нет нужды указывать на большое значение таких наблюдений не только для морфолога, но для физиолога и патолога. Прежде чем мы приступили к исследованию центральной нервной системы, мы работали над периферической нервной системой. Каждый гистолог знает, как быстро теряют свою структуру изолированные миелиновые нервные волокна. При обычном „свежем“ исследовании в физиологическом растворе, уже через несколько минут появляются так называемые „миелиновые фигуры“, и дальнейшее исследование нормальной структуры становится невозможным. Быстрое изменение миелиновых волокон зависит, очевидно, от нарушения нормальных соотношений, прежде всего циркуляции крови, а, следовательно, и питания. Значит, при условии сохранения неразрушенного миелинового волокна „in situ“



Фиг. 2. Детали пучка Бурдаха у „*Rana fusca*“ „in vivo“ и „in situ“ при сильном увеличении. Ультропак (Лейтц), масляная иммерсия 60× окул. 4×.

1 — маленькая вена с прозрачной стенкой, выходящая из продолговатого промежутка между 2 нервными пучками. В ней многочисленные эритроциты. 2 — ствол этой вены. 3 — капилляры. 4 — пигментная клякша, тесно прилегающая к поверхности нервного пучка. 5 — бляшки пигментом места в этой клетке. 6 — пучок нервных волокон.

с ненарушенным кровообращением, можно предположить, что структура его не изменится, и миелиновые фигуры не появятся.

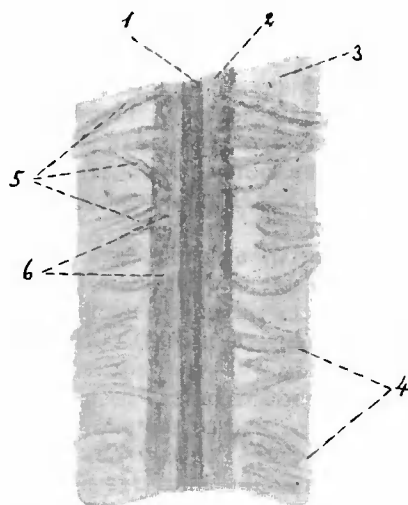
Для наблюдений был использован поверхностно расположенный п. *peroneus*. Он идет как у млекопитающих, так и у лягушки дистально от колена по наружной стороне голени через шейку малоберцовой кости. Простым кожным разрезом освобождается нервный ствол. Мы можем часами микроскопировать этот нерв с любыми увеличениями. Циркуляция крови при этом не нарушена, и мы не видим никаких гистологических изменений структуры волокон. Видны бесструктурные осевые цилиндры, снаружи от них светлая блестящая, резко очерченная миелиновая оболочка с перехватами Ранвье. Витальная окраска усиливает картину. На следующем этапе экспериментально нарушалась целостность нервных волокон для того, чтобы проследить витально наступающее Прево-Валлеровское перерождение периферического отрезка перерезанного нерва. Перерезая нерв, мы отделяем нервные волокна от нервной клетки, т. е. от их периферического центра. Следствием этого и является перерождение „периферического“, отделенного от клетки отрезка нерва, в то время как „центральный“ отрезок

остаётся в связи с клеткой, и в нем не наступает никаких или очень незначительные изменения. Перерождение периферического отрезка наступает быстро. Появляется глыбчатый распад миелиновой оболочки, а за ним и осевого цилиндра.

Мы стремились, следовательно, проследить время наступления и течение этого процесса на живом нерве „in vivo“ и „in situ“. Опыты проводились следующим образом. У наркотизированной лягушки освобождён п. *peroneus* и перерезалась часть нервного ствола. Остальная часть оставалась неповрежденной для сравнения. Эта нормальная часть оставалась без изменений, в то время как в перерезанной части периферического отрезка появлялся отчетливый глыбчатый распад миелиновой оболочки. На месте блестящей, резко контурированной миелиновой оболочки возникали неравномерные матовые глыбки, одновременно появлялись многочисленные фагоциты, отчетливо выступавшие при витальной окраске. Все эти явления наступают очень рано, иногда уже через час после перерезки, что противоречит до сих пор существовавшим взглядам. Таким образом, мы видим, что вся проблема дегенерации выходит на новый путь.

Дальше мы работали над центральной нервной системой позвоночных, областью, казалось, еще более недоступной для витальной микроскопии.

Несомненно, чрезвычайно важное значение имеет вопрос о циркуляции спинно-мозговой жидкости. По этому поводу существует много теорий. Мы коснемся в нескольких словах наиболее распространенной, согласно которой спинно-мозговая жидкость, выделяемая сосудистым сплетением, течет „vis a tergo“ из боковых желудочков через Монроевы отверстия в 3-й желудочек. Оттуда через Сильвиев водопровод в 4-й желудочек, а из него через отверстие Мажанди и не вполне достоверно существующие отверстия Люшка в подпаутинное пространство. Эта гипотеза построена не на основании прямых наблюдений, а косвенных выводов, сделанных при изучении нормальных и патологических процессов.



Фиг. 3. Спинной мозг белой крысы „in vivo“ и „in situ“. Вид с дорсальной стороны после открытия позвоночного канала. Бинукулярный микроскоп (Лейтц), объектив  $2 \times$  окул. Г.  $5 \times$ , Монлалампа, косо-падающий свет.

1 — пучок Голля (левый и правый). 2 — пучок Бурдаха. 3 — боковой пучок. 4 — дорсальные корешки спинных нервов. 5 — разветвления дорсальных корешков спинных нервов, медиально идущие в вещество спинного мозга (на границе между боковым и Бурдаховским пучком). 6 — просвечивающий через пучок Вурдаха, глубже лежащий пучок веток дорсальных корешков, входящий в спинной мозг.

Мы знаем, что при закупорке Сильвиева водопровода маленькой опухолью, спинно-мозговая жидкость накапливается в краниальных отрезках, т. е. в 3-м и боковых желудочках, так как сток через Сильвиев водопровод закрыт и ток жидкости прерван. Относительно скорости течения жидкости имеются туманные представления; считают, что она течет очень медленно и только в направлении спереди назад. Непосредственные витальные наблюдения показали другое. Доступным для таких наблюдений оказался мозг лягушки. В то время, как у млекопитающих мощно развитой мозжечок прикрывает 4-й желудочек с дорсальной стороны, у лягушки мозжечок располагается узкой поперечной полоской по краниальному краю 4-го желудочка. Отсюда до каудального конца 4-го желудочка сосудистая покрывка и сосудистое сплетение 4-го желудочка образуют крышу этой полости. Само сосудистое сплетение представляет рыхло построенный орган, а сосудистая покрывка,

как многие другие тонкие оболочки — брюшина, перикард, прозрачна как стекло.

Для исследования мы выбираем места, где крыша образована только сосудистой покрывкой, а именно в петлях сосудистого сплетения и по его краю. Наиболее удобным местом для наблюдения является каудальный край 4-го желудочка, где находится треугольное пространство, уже предуготованное или легко образующееся при операции. Крыша 4-го желудочка нигде непроходима, и отверстие Мажанди определенно не существует. Микроскопируя одно из прозрачных мест крыши 4-го желудочка мы видим через спинно-мозговую жидкость дно 4-го желудочка и там пигментные клетки. Как известно, на дне 4-го желудочка расположены очень важные для всего организма ядра, и понятно, какой интерес представляет витальная микроскопия этой области. Циркулирующая там спинно-мозговая жидкость при обычных условиях гомогенно прозрачна. При открытии черепной крышки, вследствие возникающих кровотоков, в нее попадают эритроциты, свободно плавающие в ней. Эритроциты не падают „на дно“, а уносятся током жидкости, имеющим определенное направление: в петлях сплетения оно кругообразное, в местах свободных от сплетения прямо направленное, а в каудальной части желудочка отчетливо различаются 2 тока — дорсальный впереди и вентральный сзади. В 3-м желудочке тоже интенсивный ток жидкости, но для точных наблюдений надо удалить часть крыши. Из Монровых отверстий идет ток жидкости, теряющийся сзади, около воронки, и противоположный ток, идущий из 3-го желудочка в Монровы отверстия, а оттуда, следовательно, в боковые желудочки. Скорость течения спинно-мозговой жидкости и крови почти одинакова. Спинно-мозговая жидкость циркулирует в совершенно замкнутой системе желудочков. Если инъецировать в кровеносное русло раствор трипановой синьки, то плазма крови окрашивается в синий цвет, и при исследовании в падающем свете видна в кровеносных сосудах сосудистого сплетения 4-го

желудочка синяя жидкость, а в петлях сплетения—бесцветная спинно-мозговая жидкость. Та и другая содержат эритроциты—кровь в норме, а спинно-мозговая жидкость—при кровотоке.

На основании этих наблюдений мы можем установить, что спинно-мозговая жидкость циркулирует быстро, направление тока в петлях сплетения кругообразное, а в остальных частях сосудистой системы имеется течение и противотечение.

Перейдем к наблюдениям над самой нервной массой центральной нервной системы. Как известно, центральная нервная система состоит, главным образом, кроме опорной ткани и кровеносных сосудов из нервного вещества, т. е. нервных клеток и волокон. Серое вещество состоит преимущественно из клеток, а белое из миэлиновых волокон. Непосредственные микроскопические наблюдения показывают, что серое вещество очень прозрачно в противоположность белому. Это последнее имеет ослепительно белый цвет, который зависит от наличия миэлина. Мы задались целью детально изучить структуру этих волокон „*in vivo*“ и „*in situ*“. Опыты велись на спинном мозге лягушки. У наркотизированного животного вскрывался позвоночный канал с дорсальной стороны и освобождался спинной мозг. Исследуемая область—начало дорсальных корешков 3-го спинального нерва до каудального конца 4-го желудочка. Благодаря своеобразному строению спинного мозга лягушки структура здесь очень богата и красочна. Основа—белая масса волокон, выше—кровеносные сосуды и пигмент, расположенный по ходу сосудов. Благодаря особенной величине 3-го спинального нерва у лягушки, его корешков и ганглиев, можно отчетливо видеть поперечно идущие к спинному мозгу нервные пучки, кровеносные сосуды, зону вхождения корешков и дорсальные пучки. Они резко разделяются на медиальный пучок, соответствующий пучку Голля у человека (*fasciculus gracilis Goll*), и латеральный, соответствующий пучку Бурдаха у человека (*fasciculus cuneatus Burdach*). Медиальный пучок

компактный, блестяще-белый с многочисленными кровеносными сосудами, идущими по его дорсальной поверхности к средней линии и исчезающими в перегородке. Посредине он разделяется резкой линией на правый и левый пучок, а спинной мозг—на правую и левую половину. Латеральный пучок отличается менее интенсивной белизной, в нем видны многочисленные большие, грубые пучки нервных волокон, имеющие с поверхности вид вытянутой в длину сети. Между каждыми двумя пучками имеются веретенообразные промежутки, посредине которых проходят кровеносные сосуды. При больших увеличениях можно различить отдельные нервные волокна с прозрачным осевым цилиндром и блестящей миэлиновой оболочкой. Такие волокна можно проследить на большом протяжении.

Теперь мы разрезаем под бинокулярным микроскопом поперечно несколько нервных волокон в области Бурдаховского пучка, кпереди от места вхождения 3-го дорсального корешка. Затем мы зашиваем рану и ждем от 1 до 6—7 дней, после чего снова под наркозом рана открывается, и область перерезки снова исследуется. Мы видим, уже при слабом увеличении, дегенерированные нервные волокна. Они представляются сероватыми прозрачными образованиями; при сильном увеличении виден глыбчатый распад миэлиновой оболочки. Следовательно, один из важнейших патологических процессов может быть прослежен на живой центральной нервной системе. Открываются необозримые возможности витальной микроскопии, как для морфологии, так и для физиологии и патологии при изучении процессов дегенерации, новообразований и т. д.

Мы считаем, что описанные исследования, являющиеся частью большой работы, проводимой в нашей лаборатории, должны быть положены в основу дальнейшего развития витальной микроскопии на высших организмах, и этот метод, надо думать, в ближайшем будущем займет руководящее положение в современной микроскопии и биологии.

## Литература

- Clark E. R. und Clark E. L. Observations on the growth of lymphatic vessels as seen in the transparent chamber introduced into the rabbit ear. Am. Journ. of Anatomy, B. 51, 1932, S. 49—87.
- Даркшевич Л. О. Курс нервных болезней. Т. 2, М. — Л., 1925.
- Румянцев А. В. Культуры тканей вне организма и их значение в биологии. Госмедиздат, М., 1932.
- Sandison J. C. Contraction of blood vessels and observation on the circulation in the transparent chamber in the rabbits ear. Anatomical Record, vol. 54, 1932, p. 105—127.
- Stern L. et Gautier R. Recherches sur le liquide céphalo-rachidien. Arch. intern. de Phys., vol. 17, 1921, p. 158 ff.
- Vannotti A. Ergebnisse der Kapillaroskopie bei den Hypertensionen. Ztschr. f. klinische Medizin, vol. 122, 1932, p. 362 ff.
- Vonwiller P. und Wigodskaya R. Mikroskopische Beobachtung der Bewegung des Liquors im lebenden Gehirn. Ztsch. f. Anatomie und Entwicklungsgeschichte, vol. 102, 1933/34, p. 290—297.
- Vonwiller P. und Konoplina A. V. Über die mikroskopische Beobachtung des zentralen und peripherischen Nervensystems und der Nerven-degeneration am lebenden Tier. Zentralblatt f. allem. Pathologie und pathologische Anatomie, Festschrift f. M. B. Schmidt, 1933.
- Vonwiller P. Über den heutigen Stand der Mikroskopie im auffallenden Licht. Ztschr. f. wissenschaftliche Mikroskopie, vol. 49, 1933, p. 289 ff.
- Фонвиллер П. Микроскопия живого объекта. Успехи современной биологии. Т. 1, 1932, стр. 2—18.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИПЛОИДНЫХ ГИБРИДОВ В РОДЕ NICOTIANA И ИХ ЗНАЧЕНИЕ

*Д-р ДОНЧО КОСТОВ (Dr DONTCHO KOSTOFF)*

Установление Н. И. Вавиловым (1922, 1926) закона гомологичных рядов и центров происхождения культурных растений было главным стимулом для посылки экспедиций в различные разбросанные по всему свету „центры происхождения“ для сбора культурных и дикорастущих растений, которые могут быть использованы либо для непосредственного разведения, либо в качестве исходного материала для получения новых более продуктивных растений. История агрономии не знает коллекции сельскохозяйственных растений, которая могла бы сравниться с 300 000 сортами растений, представленными в коллекции Всесоюзного Института растениеводства. Эти растения в настоящее время всесторонне изучаются сотрудниками Института, и они представляют собой богатейший из когда-либо известных источников для созда-

ния новых хозяйственно-выгодных форм путем применения современных методов генетики и растениеводства.

Каждый видит и знает гигантский рост индустриализации Советского Союза. Этот рост производит изумительное впечатление! Однако, возможности для развития сельского хозяйства тоже колоссальны, хотя они и не бросаются в глаза каждому и не производят такого впечатления, как Днепрострой и Беломорский канал. Зерна пшеницы и хлопковое волокно, хоть и невелики по размерам, но они очень важны. В постановке растениеводческой работы с СССР начинает брать пример и заграница, в частности Германия.

Всесоюзный Институт растениеводства применяет все известные в настоящее время методы для создания сортов сельскохозяйственных растений, в наибольшей степени соответствующих

различным местностям Советского Союза. Для этой цели используется вся мировая коллекция; существующие же методы выведения желаемых сортов еще не удовлетворяют генетиков и растениеводов. Должны выработаться новые методы. Иногда, например, для удовлетворения спроса оказывается желательным соединить в одном растении экономически выгодные признаки, свойственные разным видам или даже разным родам. Другими словами, должна быть разработана проблема межвидовой гибридизации. Это как раз одна из интересующих нас проблем, которая разрабатывается сейчас во всей ее комплексности в Институте генетики Академии Наук. Одной из наиболее важных и интересных ветвей проблемы межвидовой гибридизации как с практической стороны, так и с точки зрения экспериментальной эволюции, является вопрос о создании полиплоидных растений. В этом сообщении я коснусь только этой стороны проблемы межвидовых скрещиваний.

Генетический анализ различных организмов показал, что наследственные единицы-гены — локализованы в хромосомах. Хромосомы представляют собой интенсивно окрашивающиеся белковые тельца, видимые под микроскопом в ядре клетки во время деления последней. Число хромосом у каждого вида обычно постоянно. Человек имеет 48 хромосом, кукуруза — 20, табак — 48. Различные виды одного рода редко имеют одинаковое число хромосом. Различные виды пшеницы имеют, например, 14, 28 и 42 хромосомы, т. е. некоторые из пшениц имеют удвоенное или утроенное число их. Такие ряды называются полиплоидными. В роде *Nicotiana* (табак) имеются полиплоидные виды с 24 и 48 хромосомами, но наряду с ними также и виды с 20, 18, 32 хромосомами. Половые клетки имеют вдвое меньшее число хромосом, чем во всех остальных (соматических) клетках тела. Весь набор хромосом половой клетки представляет собой так наз. геном данного организма. В некоторых случаях мы можем увеличить число хромосом организма на целый геном или на несколько отдельных хромосом. Удвоение хромосом как в сомати-

ческих, так и в половых клетках может быть вызвано различными факторами, причем одним из них является межвидовая гибридизация. Большинство межвидовых гибридов обычно стерильны, благодаря нарушению у них процесса образования половых клеток. Мы не можем вдаваться здесь в детали описания этих неправильностей в процессах созревания, приводящих к образованию нежизнеспособных половых клеток или, как их называют генетики, гамет. Нормальные гаметы имеют половину всех хромосом, содержащихся в соматической клетке данного организма. Однако, ненормальности в гаметогенезе гибридов приводят часто к образованию гамет с нередуцированным числом хромосом, т. е. равным таковому в соматических клетках. Частота образования таких ненормальных гамет очень различна у различных гибридов, однако в некоторых случаях процент гамет с нередуцированным числом хромосом может быть повышен влиянием некоторых внешних факторов. Одним из таких наиболее эффективных факторов является температура. Гаметы с двойным числом хромосом обычно жизнеспособны, но их пыльцевые трубки прорастают медленнее, чем содержащие нормальный набор хромосом.

Если гибрид образует большой процент нередуцированных гамет, то при самоопылении есть большая вероятность возникновения растения с увеличенным числом хромосом. При скрещивании двух видов табака, один из которых имеет 48 хромосом, например *N. rustica* (махорка), а другой 24 хромосомы (*N. paniculata*), мы можем получить гибридов с 36 хромосомами в соматических клетках, потому что 48-хромосомный родитель образует гаметы с 24 хромосомами, а 24-хромосомный с 12. При оплодотворении 24-хромосомной гаметы *rustica* 12-хромосомной гаметой *paniculata*, оплодотворенная яйцевая клетка и, следовательно, весь развившийся из нее организм будут содержать 36 хромосом. Гибрид, упомянутый в нашем примере, образует высокий процент гамет с нередуцированным числом хромосом, т. е. имеющих 36 хромосом, слагающихся из полного набора хромосом.



Слева — махорка, справа — тройной гибрид *N. Tabacum* × (*N. sylvestris* × *N. Rusbyi*) на полях Всесоюзного Института махорочной промышленности.

Если мы самоопылим такой гибрид, то нередуцированная (диплоидная) мужская гамета с 36 хромосомами может оплодотворить такую же яйцевую клетку, содержащую тоже 36 хромосом, в результате чего возникает зигота и даже взрослое растение с 72 хромосомами в своих соматических клетках. Такой гибрид будет иметь два полных набора хромосом (генома) от *N. rustica* и два от *N. paniculata*, т. е. будет тетрагеномным, потому что он имеет по два генома каждого вида. Гибрид первого поколения *rustica* × *paniculata* имеет 36 хромосом и в большинстве случаев самостерилен, тогда как такие же тетрагеномные гибриды, называемые также амфидиплоидными растениями, самофертильны. Такие гибриды являются сравнительно константными и ведут себя как новые виды. Мы знаем также много других растений из разных родов и семейств, полученных таким же путем. Таковы константные капустно-редичные гибриды, полученные Карпеченко (1928) и Терасава (1932), ржано-пшеничные гибриды, полученные Мейстером и цитологически изученные Левитским и Бенедкой (1929), многие гибриды между пшеницей и *Aegilops*, выведенные Чермаком и др.

Мы говорили о тетрагеномных гибридах, образующихся при самоопылении гибридов первого поколения. Но есть много гибридов, образующих очень малое число гамет с нередуцированным

числом хромосом, благодаря чему вероятность сочетания при оплодотворении двух таких гамет очень невелика. Было бы очень желательно все же использовать все эти гаметы для получения полигеномных гибридов независимо от того, как мало их образуется. Другими словами, надо найти метод, который позволил бы производить оплодотворение такими нередуцированными гаметами с диплоидным числом хромосом. Возвратные скрещивания являются, конечно, наиболее простым путем достижения этой цели. Мы скрещиваем гибридов первого поколения с родительским растением

или опыляем родительское растение пылью гибрида. Практически в таких скрещиваниях все гаметы как нормальные, так и диплоидные, участвуют в процессе оплодотворения, и в потомстве среди нормальных растений могут быть найдены тригеномные гибриды. Последние могут быть выделены путем тщательного цитологического анализа. Таким путем были найдены тригеномные видовые гибриды: (*Tabacum* × *tomentosa*) × *tomentosa*, (*rustica* × *Tabacum*) × *Tabacum*, (*glaucum* × *Langsdorffii*) × *Langsdorffii*, *rustica* × (*rustica* × *Tabacum*), (*rustica* × *Tabacum*) × *Tabacum* и др. Все они имели один геном одного родителя и два генома от другого. Тригеномные гибриды обычно либо полустерильны, либо почти полностью стерильны. Но они иногда тоже образуют нередуцированные гаметы, содержащие один набор хромосом одного и два набора другого из родительских видов. Путем обратных скрещиваний таких гибридов с тем родителем, от которого у гибрида есть один геном, получают растения, среди которых могут быть найдены тетрагеномные формы, имеющие по два генома каждой из родительских форм. Такие гибриды фертильны и ведут себя как новые виды. С исходными родительскими видами они скрещиваются с трудом.

Наиболее существенным в этом методе получения полиплоидных гибридов (если это может быть названо „методом“)



является использование небольшого числа гамет, не претерпевших редукции числа хромосом, образующихся у гибрида первого поколения и дающих начало константным видовым гибридам с удвоенным числом хромосом вследствие постепенного накопления геномов. Таким путем были получены следующие тетрагеномные гибриды:  $[(N. glauca \times N. Langsdorffii) \times N. Langsdorffii] \times N. glauca$ ,  $[(N. sylvestris \times N. Rusbyi) \times N. sylvestris] \times N. Rusbyi$ ,  $[(N. rustica \times N. paniculata) \times N. rustica] \times N. paniculata$  и др.

Мы должны здесь отметить, что иногда амфидиплоидные (тетрагеномные) растения могут возникнуть непосредственно от скрещивания гибрида первого поколения с каким-либо из родительских видов или с третьим видом. В этих случаях пылевые трубки вызывают удвоение хромосом в нередуцированной клетке, из которой партеногенетически развивается тетрагеномное (амфидиплоидное) растение. Такой результат нами был получен при скрещивании гибридов  $(N. glauca \times N. Langsdorffii) \times N. Langsdorffii$  и  $(N. glauca \times N. Langsdorffii) \times N. Sanderae$ .

Удвоение числа хромосом в соматических клетках может возникнуть под влиянием различных внешних факторов, как, например, поранения, изменения температуры, воздействия паразитов и т. д. Таким образом, на стерильных гибридах первого поколения образуется иногда фертильные тетраплоидные ветки, от которых может произойти фертильное же потомство.

Ценность полиплоидных форм (аллополиплоидов и аутополиплоидов) является одним из основных вопросов экспериментальной эволюции и растениеводства. Так как мы не можем здесь вдаваться в детали, то мы отметим здесь только наиболее резкие черты полиплоидных растений. Полиплоидные организмы без сомнения имеют много больше генов, чем исходные диплоидные формы. При этом у аутополиплоидов увеличено в некоторое число раз (в зависимости от степени полиплоидии) только число генов, в то время как у аллополиплоидов, особенно у амфидиплоидов, соединяются вместе гены

двух различных видов, благодаря чему такие организмы имеют не только количественно, но и качественно иной состав генов. Аллополиплоидные формы имеют, следовательно, много больше различных генов, чем аутополиплоидные.

Мутационный процесс у полиплоидных форм должен протекать в некоторых отношениях совершенно отлично, чем у исходных форм, потому что у тех и других качественно и количественно отличные отношения генов. Полиплоидный организм представляет собой совершенно особую систему, в которой различные процессы протекают не совсем так, как у исходных форм, благодаря чему конечный результат этих процессов выразится в отличающихся друг от друга морфологических признаках (Kostoff and Kendall, 1934) или химических продуктах (Sansome and Zilva, 1933). Мы приходим к тому же самому выводу на основании рассмотрения соотношения хроматина и цитоплазмы и генов и протоплазмы у полиплоидных организмов и у исходных диплоидных форм. Полиплоиды имеют много больше генов и хроматина, более крупные ядра и клетки, однако это увеличение размеров клетки у большинства полиплоидов непропорционально увеличению генов и хроматина.

Отношение  $\frac{\text{хроматин}}{\text{цитоплазма}}$  и  $\frac{\text{гены}}{\text{протоплазма}}$  у большинства полиплоидов бывает чаще всего много больше, чем у диплоидов, а иногда и меньше. Следовательно, протекание всех формативных процессов будет несколько отличным у полиплоидных и диплоидных организмов. Сравнение химического строения полиплоидных и диплоидных тканей, а также морфологических признаков полиплоидных и диплоидных организмов подтверждает это положение. Можно ожидать, что у полиплоидов гармоническое отношение генов и цитоплазмы (или плазмона и генома, если мы будем пользоваться терминологией Ветштейна, предполагавшего, что наследственные единицы находятся также и в плазме), должно быть нарушено. Мы, конечно, не знаем, вызывает ли удвоение генома удвоение плазмона (если о таковом можно говорить); но, если даже удвоение плазмона 47

происходит одновременно с геномом, то общее количество вещества (цитоплазма, среда), в котором геном и плазмон взаимодействуют в течение формообразующих процессов, часто бывает меньше у полиплоидных организмов по сравнению с исходными формами.

Следовательно, мутационный процесс в этих системах будет протекать тоже различно, приводя в свою очередь к различному протеканию эволюции. Но, хотя гены могут мутировать в определенных направлениях, мы можем ожидать, что в большинстве случаев скорость мутирования в различных системах будет отличной. Есть достаточно оснований ожидать более частых мутаций у полиплоидных форм, представляющих собой новую систему по сравнению со старой диплоидной, уже хорошо сбалансированной. Проявление же мутации у полиплоидных форм должно быть менее частым, а некоторые мутации могут и совершенно не проявиться, ибо впервые возникающие мутации обычно рецессивны, а у полиплоидных форм их доминантные аллеломорфы представлены по несколько раз. Если у диплоидного и полиплоидного организма произойдет выпадение (deficiency) одного или группы генов, то можно ожидать, что в последнем случае (полиплоидного) возникший таким образом организм будет более жизнеспособным, чем в первом.

Создание полиплоидных форм является важной проблемой не только с точки зрения экспериментальной эволюции. Мы знаем, что ряд растений возник в природе путем межвидовой гибридизации с последующим удвоением числа хромосом. Таков, например, *Galeopsis Tetrahit*, возникший в результате удвоения хромосом у гибрида между *G. speciosa* и *G. pubescens*. Такое растение было экспериментально получено Мюнцингом (1932) путем последовательного накопления геномов самоопылением и возвратными скрещиваниями. Клаузен (1933) привел веские доводы в пользу того, что *Penstemon neotericum* представляет собой амфидиплоидное растение, в образовании которого приняли участие

К числу растений имеющих, повидимому, сходное же происхождение, относятся *Rosa Wilsoni* (Blackburn and Harrison, 1924), *Spartia Towusendii* (Huskins, 1931), *Salix laurina*, *S. cinerea* (Heribert Nilsson, 1928, 1931), *Aesculus carnea* (Skovstead, 1929) и др.

Имеются также очень веские доводы в пользу синтетического происхождения *N. Tabacum*. R. Clausen (1928) впервые обратил внимание на возможность происхождения этого вида от гибридизации *N. sylvestris* × *N. tomentosum*. Экспериментальное доказательство этого было получено созданием тригеномных тройных гибридов *N. Tabacum* × (*sylvestris* × *Rusbyi*) и амфидиплоида *N. silvestris* × *N. Rusbyi*.

Надо отметить, что вид *Rusbyi* очень близок к *tomentosa*, с которым он легко скрещивается и дает вполне плодovитое потомство. Они могут даже рассматриваться как две формы одного и того же вида.

Вполне плодovитые тройные гибриды в настоящее время представляют бóльший интерес, чем амфидиплоид *sylvestris* × *Rusbyi* благодаря расщеплению их. Они и лучше изучены в настоящее время. Мы должны отметить, что гибриды, возникающие в скрещиваниях *Tabacum* × *Rusbyi*, *Tabacum* × *sylvestris* и *sylvestris* × *Rusbyi*, оказываются стерильными. *N. sylvestris* и *N. Rusbyi* имеют в половых клетках 12 хромосом, тогда как *N. Tabacum* имеет 24 хромосомы. У гибридов хромосомы *sylvestris* имеют очень большое сродство с 12 хромосомами *Tabacum*, тогда как хромосомы *Rusbyi* имеют сродство с другими 12 хромосомами *Tabacum*. У гибридов *sylvestris* × *Rusbyi* хромосомы *sylvestris* почти не имеют сродства с хромосомами *Rusbyi* и наоборот. Это показывает, что хромосомы *sylvestris* очень сходны (не обязательно идентичны) с 12 хромосомами *Tabacum*, а хромосомы *Rusbyi* подобны остальным 12 хромосомам *Tabacum*.

При опылении *Tabacum* пыльцей гибрида *sylvestris* × *Rusbyi*, часто не переносимого редукции числа хромосом и имеющего, следовательно, все хромосомы этих двух видов получают растения, у которых 24 хромосомы *Tabacum*

имеют себе партнерами 12 хромосом от *sylvestris* и 12 от *Rusbyi*, т. е.

$$\frac{1T}{1s} + \frac{2T}{2s} + \frac{3T}{3s} + \dots + \frac{12T}{12s} + \frac{13T}{1R} + \dots + \frac{14T}{2R} + \dots + \frac{23T}{11R} + \frac{24T}{12R},$$

где  $T$  — хромосомы *N. Tabacum*,  $s$  — *N. sylvestris* и  $R$  — *N. Rusbyi*.

Такие тригеномные тройные гибриды вполне плодovиты благодаря исключительно удачному балансу хромосом, выражающемуся в родстве хромосом *Tabacum*, с одной стороны, с хромосомами *sylvestris* и *Rusbyi* — с другой. Гибриды эти содержат все хромосомы этих трех сложных видов и все их признаки. В последующих поколениях они стабильны, в отношении числа хромосом, генетически же расщепляются и дают очень богатую экспериментально полученную популяцию, из которой могут быть выбраны желаемые формы. Среди потомства таких полностью плодovитых гибридов можно найти растения с увеличенными листьями, достигающими иногда 45 — 50 см длины и 35 — 40 ширины (и даже крупнее), а также растения с различным вегетационным периодом, причем многие из последних были многолетними и древовидными. Растения отличались также друг от друга и по содержанию никотина. Все формы с желаемыми признаками могут быть отобраны и закреплены отбором. Очень пестрое расщепление было получено прошлым летом в Гос. Институте махорки в Киеве и его филиалах, в Институте табака в Краснодаре, в Никитском ботаническом саду в Ялте, в Ботаническом саду Академии Наук СССР и в других местах. Из всего этого разнообразия было выбрано много типов для всестороннего испытания и для дальнейшего распространения.

Эти тригеномные полностью плодovитые тройные гибриды (так наз. *N. triplex*) представляют большой интерес с точки зрения экспериментальной эволюции, ибо они проливают свет на происхождение и объясняют полиморфизм культурного табака *N. Tabacum*. Но окончательно разрешает проблему происхождения культурного табака факт создания амфидиплоида *sylvestris* × *Rusbyi*. Однако, с практической точки зрения более ценным является тип *triplex*, чем амфидиплоиды, потому что он расщепляется и дает в своем потомстве тысячи форм, из которых могут быть отобраны нужные нам. Следует помнить, что такой полностью плодovитый гибрид расщепляется в потомстве на более, чем миллион различных форм.

Методика получения полигеномных гибридов *Nicotiana* была применена недавно также и к пшенице, причем и на этом объекте тоже были получены очень интересные результаты.

Изучение влияния внешних условий на образование гамет с нередуцированным числом хромосом приблизит нас к пониманию общих причин удвоения хромосом. А это очень важно и совершенно необходимо для возможности экспериментального управления этим процессом. До сих пор большинство полученных разными исследователями полиплоидных растений возникли случайно. В настоящее время наша главная задача — усовершенствовать методы и получить еще новые полигеномные гибриды, имеющие значение как для сельского хозяйства и промышленности, так и для генетики и эволюции. Проблема эта — одна, но она имеет две неотделимые друг от друга стороны.

Институт генетики  
Академии Наук СССР.  
Ленинград.

# ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И СТРОИТЕЛЬСТВО СССР

## НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ СРЕДИ ФАУНЫ В ПОРОЖИСТОЙ ЧАСТИ Р. ДНЕПРА В СВЯЗИ С ДНЕПРОСТРОЕМ

. П. А. ЖУРАВЕЛЬ

Кроме больших изменений, которые вносит Днепрострой в область промышленности и сельского хозяйства нашей страны, им вносятся также большие изменения и среди водного населения р. Днепра, особенно в порожиистой части его.

Этот участок Днепра изучает Днепропетровский гидробиологический институт, произведший на протяжении ряда лет гидробиологические исследования, в которых принимал участие и автор этой статьи под руководством проф. Д. О. Свиренка.

Известно, что к порожиистой части относился участок, находящийся между гг. Днепропетровском и Запорожьем с общей протяженностью около 103 км. В этой части Днепр, пересекая украинскую кристаллическую грядку, протекал по суженной ложбине с возвышенными с обеих сторон берегами, которые во многих местах были скалистыми и крутыми, а подчас и обрывистыми (фиг. 2). В связи с пересечением украинской кристаллической грядки, в этой части было несколько различной величины порогов и забор (см. план порожиистой части до 1931 г., фиг. 1). Пороги (места, где каменные гряды пересекали реку с одного берега до другого, и камни во многих местах в большей или меньшей мере выступали над водой, а также образовывались перепады воды) были следующие: 1) Кайдакский, 2) Сурский, 3) Лоханский, 4) Звонецкий, 5) Ненасытецкий, 6) Волнигский, 7) Будиловский, 8) Лишний 9) Вильный (фиг. 3, вид порога).

Кроме этих порогов насчитывалось около 30 забор (места, где каменные гряды пересекали реку не полностью, камни были меньших размеров и большей частью над водой не выступали).

Участки между порогами или заборами назывались плесами. В связи с тем, что падение реки от г. Днепропетровска до г. Запорожье равнялось свыше 33 м, здесь были большие скорости течений.

Особенно большие скорости были на порогах (свыше 3 м/сек.), а также заборах, и это, главным образом, потому, что падение реки в собственно порожиистой части, начиная с первого Кайдакского порога и кончая последним Вильным порогом (приблизительно около 66 км), равнялось свыше 30 м, т. е. в среднем 0.454 м на 1 км. Но было много мест и со значительно меньшими скоростями течения (плеса, островные отроги и др.), а также были места с полным отсутствием течения (заливы).

Кроме того в этой части Днепра было много различной величины островов с водоемами озерного типа на некоторых из них (Становой, Сурской, Таволжанский, Песковатый, Дубовый, Кухарев, Гавиный, Виноградный).

Глубины в этой части Днепра были небольшие, в среднем 2.5 м, хотя были отдельные места и с значительно большими глубинами. На так наз. Кичкасской яме глубина доходила до 30 м (т. е. ниже уровня Черного моря.)

Грунты в этой части Днепра были самые разнообразные, от каменистых

и песчаных до заиленных с целым рядом разнообразных переходов.

Во многих местах, не исключая и самых порогов и забор, а особенно на плесах, в береговой зоне были мощные заросли различных макрофитов: *Vitotus* (наиболее распространен и заходил иногда в сторону середины реки на большие расстояния—большие участки ниже порога Ненасытца и т. д.), *Sparganium*, *Scirpus*, *Sagittaria*, *Juncus*, *Ceratophyllum*, *Myriophyllum*, *Polygonum*, *Potamogeton*, а в некоторых местах и заросли *Nuphar* и *Nymphaea*.

Газовый и солевой режим воды был не везде одинаков.

При этом следует принять во внимание влияние сточных вод от заводов и других предприятий г. Днепропетровска, а также и влияние притоков (Самара, Сура, Вороная, Плоская-Осокорова, Вильнянка и др.). Вода порожистой части была богата кислородом, достигавшим 7.5 мг на литр. Сухой остаток колебался от 208 до 292 мг на литр, окись кальция от 28.0 до 88.4 мг на литр, окисляемость от 15.3 до 25.6.

Как уже упоминалось, характер биотопов в порожистой части был чрезвычайно разнообразен. Население этих биотопов было также разнообразное. Здесь оно было значительно как в количественном, так и в качественном отношении, хотя были места и с более бедным населением.

Для примера можно привести такие данные количества населения по отдельным биотопам дна этой части Днепра на 1 м<sup>2</sup> с обозначением главных групп:

1. Очень мелкий песок—170 экз. (*Oligochaeta*, *Mollusca*, *Crustacea*, *Chironomidae*);
2. Мелкий песок—160 экз. (*Oligochaeta*, *Mollusca*, *Chironomidae*);
3. Камень+песок—180 экз. (*Oligochaeta*, *Mollusca*, *Crustacea*, *Ephemeridae*, *Trichoptera*, *Chironomidae*);
4. Мелкая галька—500 экз. (*Hirudinea*, *Mollusca*, *Crustacea*, *Trichoptera*, *Chironomidae*);
5. Глина+песок—140 экз. (*Oligochaeta*, *Crustacea*, *Chironomidae*);
6. Заиленный песок—340 экз. (*Oligochaeta*, *Mollusca*, *Crustacea*, *Ephemeridae*, *Trichoptera*, *Chironomidae*);



Фиг. 1. План порожистой части р. Днепра.

7. Очень заиленный песок—2020 экз. (*Oligochaeta*, *Mollusca*, *Crustacea*, *Chironomidae* и другие *Insecta*);
8. Ил—1070 экз. (*Oligochaeta*, *Mollusca*, *Crustacea*, *Chironomidae*).

Более богато и разнообразно было население различного типа зарослей как на самом Днепре, так и особенно в стоячих водоемах „озерах“ некоторых островов (Становой, Сурской и др.).

В островных водоемах иногда встречались и редкие формы. В одном из водоемов о. Станового (район г. Днепропетровска) в мае 1927 г., во время



Фиг. 2. Скалистый берег.

сбора зооматериала для занятий со студентами, среди зарослей, сачком мною вместе с доцентом Днепропетр. Гос. унив. С. М. Бровко была поймана личинка ручьевой миноги (*Lampetra planeri*). По сообщению проф. Л. В. Рейнгагарда, а также проф. М. П. Акимова личинки миноги — 2 экз. — в водоемах этого же острова были пойманы и в 1929 г.

Кроме того, личинка миноги упомянутыми лицами была поймана и в 1930 г. 23 III, но уже не на острове, а на правом берегу Днепра (район о. Станового) в небольшой луже, покрытой льдом. Замечено было движение личинки благодаря прозрачности льда.

По всей вероятности, как полагает и проф. Рейнгагард, в водоемах о. Станового жили и взрослые миноги.

Наряду с обычными, главным образом реофильными пресноводными представителями, в порожистой части Днепра встречались также организмы и морского происхождения, реликты Понтического моря (может быть, некоторые и Сарматского моря), а также морские выходцы и более позднего времени.

Даже на самых порогах, казалось бы в столь неблагоприятных условиях, при чрезвычайно большой скорости течения было многочисленное и разнообразное население.

Проф. Д. Е. Белинг, хорошо изучивший население порожистой части, из собранного населения на 15 камнях, взятых, на Кайдакском, Ненасытецком и Вильном порогах (в пунктах с различными скоростями течений — 0.25 —

2.1 м/сек.), насчитал свыше 60 видов представителей различных групп *Metazoa*. Среди них в большом количестве экземпляров были представлены личинки различных *Insecta*: *Simuliidae*, *Chironomidae* (*Chironomariae*, *Tanytarsariae*, *Orthoclaidiinae*), *Trichoptera* (главным образом *Hydropsyche ornatula*, *Triadenodes wernerii*, *Hydroptila sparsa* и др.), *Ephemeroidea* (*Heptagenia sp.*, *Oligoneuriella rhenana*, *Baëtis rhodani*). Из *Crustacea*: *Jaera nordmanni*, *Gammaridae*, *Corophiidae*. Из *Mollusca*: *Vivipara duboisiana*, *Theodoxus fluviatilis*, *Bithynia leachi* subsp. *inflata* и в незначительном количестве экземпляров *Dreissena polymorpha*.

Кроме того в небольшом количестве экземпляров: *Turbellaria* (*Dendrocoelum lacteum*), *Oligochaeta* (*Nais behningi*, *N. bretscheri*), *Acarina*, *Spongia* и *Bryozoa*.

Что касается встречаемости указанных групп и видов, то, по данным проф. Белинга, они представлялись в следующем виде: *Theodoxus fluviatilis*, *Gammaridae*, лич. *Hydropsyche*, *Simuliidae* дали 100% встречаемости. *Vivipara duboisiana*, *Corophiidae*, лич. *Heptagenia sp.*, *Tanytarsariae* дали 93.3% встречаемости. *Jaera nordmanni*, лич. *Orthoclaidiinae* — 86.6%, *Bithynia leachi* subsp. *inflata*, лич. *Triadenodes wernerii*, *Chironomidae* — 66.7%, *Nais behningi* — 60%, *Nais bretscheri*, лич. *Agraylea sp.* — 46.6%, *Dreissena polymorpha*, *Sperchon plumifer*, лич. *Oligoneuriella rhenana* — 40% и т. д. Количество животных, встретившихся на 0.1 м<sup>2</sup> поверхности камня, в среднем равнялось 1355 экз.

Из растений 100% встречаемости дала *Cladophora glomerata*, 40% *Thorea ramosissima* и 26.7% *Chantransia chalybea*. На порогах встречалась и *Lemanea*. Следует отметить, что встречаемость этих водорослей по сезонам резко колебалась.

Рыбное население порожистой части было довольно многочисленно как в количественном, так и в качественном отношении (насчитывалось 48 видов). При этом здесь наряду с мигрирующими рыбами были некоторые виды, которые постоянно держались около порогов и находили здесь на камнях для себя, как видно из характеристики

органического населения, обильную пищу.

Из таких рыб наиболее обычными были: усач (марена) — *Barbus barbuis*, подуст — *Chondrostoma nasus*, бычки *Gobius* и др. Зоопланктон порожистой части как количественно, так и качественно, был небогат. Особенно обедненными, под влиянием порогов, были *Cladocera* и *Eucoropoda*, тогда как *Rotatoria* были более стойкой группой.

Наиболее характерные представители из зоопланктона были следующие:

#### Коловратки — *Rotatoria*

- 1) *Brachionus angularis*, 2) *Br. pala*, 3) *Br. urceolaris*, 4) *Anuraea cochlearis*, 5) *Triarthra longiseta*, 6) *Polyarthra platyptera*

#### Ветвистоусые — *Cladocera*

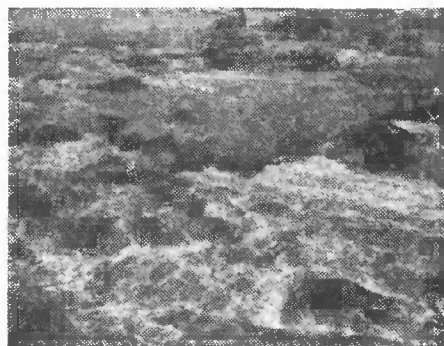
- 1) *Chydorus sphaericus*, 2) *Rhynchotalona rost-rata*

#### Настоящие веслоногие — *Eucoropoda*

- 1) *Cyclops vernalis*, 2) *Eurytemora velox*, 3) *Nitocra inuber*

С 1932 г. (а частично и с осени 1931 г.), с поднятием воды плотинной Днепро-строя, в этой части Днепра начали происходить большие изменения. Днепр здесь из чрезвычайно бурной реки превращается в большой водоем, почти озерного типа (оз. Ленина), с громадной водной площадью в 27 350 га (до подъема воды — 6668 га), большими глубинами, доходящими в некоторых местах свыше 50 м (средняя глубина 22,5 м), большой прибойной береговой зоной, чуть заметным течением, которое даже на поверхности почти отсутствует, характерным общим заилением дна, невысокими берегами и т. д.

Исчезли пороги, острова и залились водой большие пространства ранее прибрежных участков суши. Кроме того, поднятая вода зашла далеко во все при-токи, балки, и овраги. Несколько изменяется газовый и солевой режим воды. Ко всему этому следует указать на почти полное отсутствие в самом Днепре береговых зарослей, а также частые и очень сильные прибои. В некоторых местах



Фиг. 3. Вид части порога.

притоков, а особенно балках и оврагах, пошло быстрое развитие зарослей, особенно *Ceratophyllum*. Здесь образовались благоприятные условия для размножения малярийного комара *Anopheles*. В связи с этим встает вопрос о необходимости противомаларийной борьбы.

Вместе с изменением биотопов идут изменения и среди биоценозов. Эти изменения особенно заметны среди реофильных форм, как обычных пресноводных, так особенно и среди форм реликтовых. Одни из организмов начали перемещаться из нижних участков водохранилища в верхние, другие уменьшаются количественно, а некоторые даже совсем исчезают, тогда как иные начали развиваться в чрезвычайно большом количестве. Кроме того здесь начали появляться такие организмы, которые раньше отсутствовали или были большой редкостью.

Из рыб *Benthophilus maeoticus* Kuzn., а из ракообразных гр. *Mysidae*, которые в прежних условиях доходили только до первого снизу порога Вильного, являвшегося для них как бы барьером, уже в 1932 г. в связи с поднятием воды, распространились выше территории б. порога Вильного. 24 VIII 1932 г. *Benthophilus*, во время гидробиологических исследований Днепроретровского гидробиологического института, был пойман тканкой в береговой зоне залитой балки Вильной (правый берег Днепра) на расстоянии свыше 0,5 км от Днепра на глубине 1 м. Здесь же одновременно был пойман 1 экз. *Mysis*.

Надо думать, что эти организмы поднялись вверх по Днепру, а также и по залитым балкам и притокам и значительно выше.

В этом же приблизительно участке *Benthophilus* был пойман и в 1933 г. 10 IX, только уже не в береговой зоне, а на середине (150—200 м от берега) на глубине 17.5 м, во время взятия мной пробы драгой Дорогостайского.

Следует отметить, что драга принесла чрезвычайно большое количество *Dreissena polymorpha*, которые были прикреплены к небольшим веточкам ранее существовавших там деревьев. Промытых дрейссен было около 2 ведер, вместимостью свыше 10 л (драга протянута около 100 м).

Кроме дрейссен и *Benthophilus* драга принесла также *Oligochaeta*, *Corophiidae*, *Chironomidae* и других организмов.

Из организмов, которые перестают встречаться, следует указать на таких, как *Jaera nordmanni* — представитель морских *Isopoda*, а также моллюсков рода *Melanopsis* (*M. acicularis* и *M. esperi*). *Jaera nordmanni* в прежних условиях встречалась под камнями на порогах, заборах и пр. в большом количестве, а в 1933 г. 1 IX была найдена только в верховьях порожистой части, под камнями верхнего участка правой дамбы Кайдакского порога, верхняя часть которой была не полностью залита.

*Melanopsis* в прежних условиях были обильно распространены, а к осени 1933 г. нигде найдены не были. Встречались раньше главным образом в береговой зоне, особенно среди различных зарослей (чаще всего среди зарослей *Butomus*), иногда даже в местах с большими скоростями течений.

В некоторых местах, где заросли *Butomus* заходили далеко вглубь реки, их можно было и там встретить в большом количестве, иногда целыми скоплениями. В этих условиях моллюски прикреплялись к выпрямленным по направлению течения стеблям и листьям.

Выше порогов эта группа моллюсков не заходила. Как крайний предел их распространения, указывался район Сурского порога. Но в 1931 г. 24 VIII они были найдены нами и в районе Кайдак-

ского порога, на расстоянии около 100 м ниже левой дамбы. В этом месте было слабое течение и были мощные заросли *Butomus*, *Scirpus*, *Potamogeton*, *Myriophyllum* и *Ceratophyllum*. Глубины не превышали 1.5 м, а на дне было много различной величины камней, некоторые из них выступали и над водой.

В 1932 г. *M. acicularis* встретился только в нескольких пробах. Впервые он встретился в пробе, взятой дночерпателем Петерсена, выше б. порога Вильного на середине Днепра (глубина 26.2 м, грунт илистый, 1 экз., 28 VII). Затем в пробе, взятой тем же дночерпателем, в районе выше Таволжанского острова, против устья балки Канцеровки, на расстоянии свыше 60 м от правого берега (глубина 25 м, грунт илистый, 3 экз., 23 IX).

Как видно из описания условий мест нахождения, эти экземпляры суть остатки прежнего распространения и были в этих местах занесены илом, тем более, что экземпляры обеих находок были отмершие.

Моллюски рода *Theodoxus*, которые в прежних условиях были чрезвычайно распространены, уменьшились до самых крайних пределов, как по количеству экземпляров, так и по количеству мест встречаемости.

Осенью 1933 г. *Theodoxus fluviatilis* был найден в незначительном количестве экземпляров только в верхних участках правой дамбы Кайдакского порога, а также в устьи р. Вороной (левый приток, выше Ненасытского порога) на правом берегу на ветках потонувшего дерева, под скалой (1—2 IX).

Моллюск — *Lithoglyphus naticoides* в прежних условиях (да еще и в 1932 г.), особенно на отмелях, встречался в большом количестве экземпляров, а в 1933 г. в береговой зоне почти не встречался; кроме того было подмечено, помимо уменьшения мест встречаемости, еще и общее количественное уменьшение.

Такие же моллюски, как *Bithynia tentaculata*, *Vivipara duboisiana*, виды рода *Unio* в береговой зоне, как это было раньше, также почти не встречаются, а встречаются почти исключительно в пробах, взятых на глубине,



иногда даже свыше 45 м. Все эти группы значительного развития не дают.

Виды же родов *Pisidium*, *Valvata*, а особенно *Dreissena polymorpha* с 1932 г. начали давать значительное увеличение.

Увеличение дают *Chironomidae* (главным образом *Chironomus plumosus*), а особенно это увеличение дают *Oligochaeta*. Но среди всех бентосных организмов, увеличивающихся количественно, особенно выделяется (по сравнению с прежним) *Dreissena*.

На Днестре (главным образом в местах, защищенных от прибойя), а особенно в притоках и балках с 1932 г. дрейссена покрывает („обрастает“) почти всякий субстрат, часто в несколько слоев.

Оголенные деревья, кустарники, скалы и пр. почти сплошь были покрыты в несколько слоев дрейссеной. Деревья и кустарники, от скопления на них дрейссены, казались покрытыми как бы гроздьями винограда.

Подсчет на веточке дерева толщиной 9.5—12 мм и длиной 20 см дал 900 экз. дрейссен (фиг. 4). Изменяется количественный состав донных организмов — в сторону увеличения. До поднятия воды максимальное количество организмов на 1 м<sup>2</sup> в биотопе заиленного песка было 2020 экз., а в биотопе ила — 1070 экз. (этих биотопов сравнительно было мало); в настоящее время на 1 м<sup>2</sup> дна (грунт — ил, который распространен везде) мы имеем — 10 680 экз. (*Oligochaeta*, *Nematoda*, *Mollusca*, *Chironomidae*).

В связи с этим повысилась общая продуктивность этой части Днестра. До подема воды общая продуктивность в тоннах, по предварительным выводам (бентос + фито- и зоопланктон) равнялась 1695.2 (без населения, береговых зарослей), а после подъема воды, принимая во внимание, в связи с планктоном, увеличение и объема воды, равняется 42172.8. Такая продуктивность является высокой. Это подтверждается сравнением продуктивности залитой порожистой части Днестра (оз. Ленина) с продуктивностью оз. Ильмень (в килограммах на 1 га):

	Плавк- тов	Бентос	Общая продук- тивность
Днепр (оз. Ленина) . . . . .	660	884.8	1544.8
Оз. Ильмень . . . . .	393.6	477.9	871.5



Фиг. 4. „Обрастание“ залитых деревьев дрейссеной в порожистой части Днестра в 1932 г.

Большие изменения произошли и происходят также и среди ихтиофауны. Плотина Днепроостроя не дает больше возможности проходным рыбам подыматься вверх по Днестру, а с изменением скоростей течения, глубин, грунтов, кормового населения создались неблагоприятные условия также и для некоторых рыб, которые держались около порогов. Все это привело к уменьшению в этой части Днестра (а также и выше) рыбных запасов. Но это уменьшение есть временное явление, так как уже приняты меры к увеличению рыбной продукции, главным образом путем акклиматизации сига и ряпушки.

А если принять во внимание значительное увеличение продуктивности этой части Днестра, благодаря увеличению численности как бентосных, так и планктонных организмов, то станет вполне ясным, что эта часть Днестра будет давать значительно больше рыбной продукции, нежели это было до Днепроостроя, и будет служить могучим источником добычи рыбы.

Животный планктон днепропетровского озера по сравнению с зоопланктоном Днестра до запруды обогатился как в качественном, так и в количественном отношении.

Кроме приведенных наиболее характерных зоопланктонных форм, которые встречались до поднятия воды, сейчас к ним присоединяются еще следующие представители:

*Rotatoria*

- 1) *Brachionus eudapestinensis*, 2) *Anuraea hypelasma*, 3) *Polyarthra euriptera*, 4) *Asplanchna* sp.

*Cladocera*

- 1) *Diaphanosoma brachium*, 2) *Daphnia cucullata*, 3) *Moina rectirostris*, 4) *Bosmina longirostris* m. *cornuta*, 5) *Bosmina coregoni* subsp. *Kessleri*, 6) *Bosminopsis Zernovi*, 7) *Leptodora Kindtii*

*Eucopropoda*

- 1) *Cyclops oithonoides*, 2) *Diaptomus graciloides*

Некоторые из приведенных форм, особенно в притоках, имеют массовое развитие и попадают не только в планктонную сетку, но и в бентонические орудия лова. Осенью 1932 г. (конец сентября) в нижней части притока Днепра в районе б. порога Вильного р. Вильнянки, не опустившийся полностью до дна на глубине около 15 м трал принес целые комья студенистообразной массы, которой набрано 4 баночки вместимостью 100 см<sup>3</sup>. Когда в баночки была подлита вода, то вся масса начала двигаться — это была *Leptodora Kindtii*. Переданный мною планктонистам материал вызвал большой интерес, так как в планктонные сетки *Leptodora* попадалась в незначительном количестве экземпляров.

В измененных условиях, особенно в оврагах, балках и притоках, будет находить (да уже частично и находит) благоприятные условия для развития группа моллюсков из рода *Lymnaea*, которые в прежних условиях порожистой части были распространены незначительно. Как известно, среди этой группы имеются формы, которые являются промежуточными хозяевами *Fasciola hepatica*, этого бича животноводства.

При изыскании методов борьбы с этими моллюсками в наших условиях, необходимо учесть весьма ценное исследование

проф. В. И. Жадина по борьбе с *Lymnaea truncatula*.

Массовое развитие дрейссены имеет кроме своих положительных черт (пища для рыбы) также и отрицательные стороны. Дело в том, что ее личинка (*veliger*), будучи планктонной формой, имеет возможность проходить в самые незначительные отверстия, прикреплаться к стенкам труб и там образовывать большие скопления. Этот момент необходимо учесть, чтобы своевременно предупредить закупорку водопроводных труб и пр.

Вопросы, затронутые в этой статье, дают лишь первые предварительные сведения о весьма важной в теоретическом и практическом отношении проблеме влияния гидроэлектростроительства на фауну и флору рек.

Необходимы дальнейшие углубленные исследования.

Днепропетровск.

Гидробиологический институт.

## Литература (в сокр. виде)

1. Белинг Д. О. До вичування тваринного населення в порожистій частині та в суміжних з нею районах Дніпра. Вісті Н.-Д. Інст. Водн. Господарства Укр., т. II, ч. 1, Київ, 1929.
2. Белинг Д. Е. Жизнь р. Днепра в районе порогов. Труды IV Всес. съезда зоологов... в Киеве 6—12 мая 1930 г., Госмедиздат УССР, Киев — Харьков, 1931 (рез. докл.).
3. Белинг Д. Е. Работы по изучению животного населения порожистой части р. Днепра Тр. Втор. Всес. гидрологич. съезда, 1928, ч. III (рез. докл.).
4. Свіренко Д. О. Гідробіологія та Дніпрельстан (теорія і практика гідробіології в зв'язку з соціалістичною реконструкцією). За Маркс-Ленинське Природознавство, № 2—3, Харків, 1932.
5. Жадин, В. И. Пресноводные моллюски СССР. Л., 1933.
6. Линдгольм В. До вичування малакофауни нижньої течії р. Дніпра. Зб. пр. Дніпрян Біосф., № 5, 1930

# ОТВЕТСТВЕННЫЙ УЧАСТОК НАШЕГО ЖИВОТНОВОДСТВА

Проф. В. Л. ЯКИМОВ

В настоящее время мы серьезно взглянули на наше животноводство. Мы поняли, что это дело не одних ведомственных учреждений. „Дело животноводства,“ — говорит г. Сталин, — „должны взять в свои руки вся партия, все наши работники, партийные и беспартийные...“ И вот сейчас, несколько месяцев по окончании XVII Съезда партии, мы видим, что интерес к животноводству начинает пробуждаться. Однако, недопустимо то явление, что на болезни животных мало обращается внимания. А между тем, если взглянуть на последние, то окажется, что в нашей стране, с ее различными географическими, топографическими, климатическими и прочими условиями, вопрос о болезнях животных имеет особенно актуальное значение. Я возьму только некоторые из них, вызываемые простейшими (Protozoa).

В росписях государственного страхования значится графа болезней, более или менее однородных, которые вызываются паразитами, живущими в красных кровяных тельцах. За эти болезни Гострах выплачивает ежегодно значительно больше, чем за какую-либо другую заразную болезнь, а в некоторых местах даже больше, чем за все прочие заразные болезни, вместе взятые. Эти болезни носят общее название пироплазмозов (среди них у крупного рогатого скота — так называемая „кروавая моча“). Эти болезни поражают всех животных — лошадей, крупный рогатый скот, овец, коз и свиней. В СССР имеются отдельные участки, где они распространены. В апреле или мае, в зависимости от широты в целом ряде мест (Карелия, области Ленинградская, Западная, вплоть до Московской, Белорусия, Украина, Крым, Северный и Южный Кавказ, Туркестан) появляется кровавая моча крупного рогатого скота. Одновременно с нею начинается пироплазмоз лошадей („майская болезнь“), а вслед за ним несколько дальше, летом, нутталлиоз. В значительной степени подвержены заболеваниям также и овцы: в одном Азербайджане за короткий срок в 1933 г. пало несколько тысяч. Даже северные олени не избежали пироплазмозов.

В 1926—1927 г. во всей РСФСР (без автономных республик) заболело 38 755 и пало 6488 голов, а за 1924—1929 г. пало 28 632; в 1925—1926 г. на Северном Кавказе заболело 19 646 и пало 6075; в 1925 г. в Майкопском и Арма-

вирском округах заболело 20 591 и пало 7710 и т. д.<sup>1</sup> Нужно сказать, что эта статистика далеко неполная, и мы думаем, что ее необходимо увеличить, по крайней мере, вдвое. Можно смело сказать, что в настоящее время ни одна заразная болезнь не дает столько убыли в нашем животноводстве, как пироплазмозы.

После гражданской войны, когда стала налаживаться хозяйственная жизнь, нами было обращено внимание на этот участок в нашем животноводстве. Начиная с 1923 г., мы работали по борьбе с этими болезнями, сначала в б. Ленинградской губ., затем на Северном Кавказе, а последние годы в Закавказьи (Азербайджан). В зависимости от того исторического отрезка времени, в котором находилось наше животноводство, применялись и определенные меры борьбы. Когда было частное животноводство, то производилось лечение отдельных заболевших животных, для чего нами было введено несколько хорошо действующих медикаментов. Затем мы вступили в полосу не лечения отдельных заболевших животных, а в полосу предохранения их от заболевания (вакцинация или предохранительные прививки), и здесь видоизмененный нами способ Тейлера, применяемый в Южной Африке и Южной Америке, дал хорошие результаты. Наконец, когда наступило обобществление животноводства, то ни методы лечения, ни вакцинация не могли дать вполне хороших и определенных результатов — и мы вступили в борьбу не с самой только болезнью, а с тем, кто переносит, передает эту болезнь от больных к здоровым, т. е. с клещом. И вот на Северном Кавказе, начиная с 1930 г., мы и б. директор Пятигорского протозоологического института, ветеринарный врач Белавин решили начать эту борьбу при помощи противоклещевых мышьяковых ванн. Эта мера широко применяется в Южной Африке и Южной Америке, и, как выразился известный ветеринарный деятель Тейлер, в Южной Африке вопрос о борьбе с пироплазмозами разрешен вопросом о борьбе с клещами. Миллионы, быть может, миллиарды голов крупного рогатого скота были

<sup>1</sup> Проф. В. Л. Якимов. Болезни домашних животных, вызываемые простейшими. Л., Сельхозгиз, 1931, стр. 400—401.

проведены через эти ванны, и результаты получаются великолепные. На Северном Кавказе в 1930 г. было поставлено всего 3 или 4 ванны, а теперь там около 50. В Закавказьи (Азербайджан) мы выстроили в 1932 г. в Ветеринарном научно-исследовательском институте в Зурнабаде первую показательную ванну, и сейчас в этой республике их насчитывается до 10. За минувшие 4 года через эти ванны проведены десятки тысяч скота, и результаты получились следующие: в тех совхозах, где до применения ванн из заболевших животных умирало до 90%, теперь падают только десятые процента; те животноводческие совхозы, которые вскоре же после их основания хотели было прикрыть из-за их „нерентабельности“, сейчас являются цветущими. Таким образом ванны вполне оправдали себя, доказали, что такая мера борьбы в нашей стране дает очень хорошие положительные результаты.

Однако, много ли таких ванн у нас? Я недавно обратился к окраинным республикам с вопросом, сколько у них ванн? И получил ответы от Казакстана, Туркменистана и Армении, что у них совсем нет ванн. Про Грузию я знаю, что там две ванны, которыми, кажется, не пользуются. Такое положение дела не может быть терпимо: ванны должны быть везде, во всех окраинных республиках, в которых скотоводство играет большую роль.

Лошади также сильно болеют двумя болезнями, паразиты которых (пироплазма и нутталлия) тоже находятся в крови. За последние годы эти заболевания имеют тенденцию ко все большей и большей экспансии, и их находят даже в тех местах, где о них никогда не слышали. Помимо вопроса о ваннах, техника которых для этих животных еще не уточнена, здесь большое значение имеет обработка их, на 7-9 день после выгона на пастбище или на полевые работы, краской трипанблау (тоже действующий на некоторые пироплазмы медикамент). Ленинградская пироплазмозная станция обработала им в 1933 г. около 11 000 лошадей, и результаты

получились следующие: из всего количества обработанных пало 0,9%, тогда как прежде из всего количества заболевших умирало 40—50%.

В Крыму, Закавказьи и Казакстане от пироплазмозов падает много овец. Пока не принимается никаких мер, и только нынешнем летом в Зурнабадском ветеринарном научно-исследовательском институте будет производиться исследование мер борьбы с ними. Для нас не представляет никаких сомнений, что они будут найдены.

Однако, противоклещевые ванны не везде имеют применение. Так, в Карелии, в областях Ленинградской и Западной и Белоруссии они не дадут, по целому ряду причин, каких-либо результатов против местного клеща-переносчика. Здесь применяется другая мера: вакцинация телят (до 1 года) и лечение взрослых. В 1931, 1932 и 1933 гг. Ленинградская пироплазмозная станция вакцинировала 14 807 телят с ничтожным отходом (0,02%).

Зоотехники хотят иным путем уберечь крупный рогатый скот от заболевания пироплазмозами, а именно путем скрещивания местного скота с зебу, так как они думают, что зебу являются резистентными к пироплазмозам. Но это совершенно неверно: в 1931 и 1932 гг. я своими опытами доказал, что зебу также восприимчивы к пироплазмозам, как и обыкновенный домашний рогатый скот. Недавно мною получено извещение с о Мадагаскара и из Индии, что там эти животные также болеют ими. Таким образом, эта „ставка на зебу“ является битой, о чем мы писали в „Природе“ (1934, № 5).

Изю всего вышеизложенного мы видим, что мы имеем действительные меры борьбы против таких страшных и губительных болезней, как пироплазмозы. Необходимо, чтобы вышеуказанные меры были обязательно применены во всех тех местах, где ведется крупное животноводство и имеются пироплазмозы, и тогда мы можем смело рассчитывать, что сумеем „вывести на дорогу и поднять на должную высоту животноводство“ (Сталин).

# ЮБИЛЕИ И ДАТЫ

## Н. А. МОРОЗОВ

К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

Д. Я. ГЛЕЗЕР

7 июня 1934 г. советская общественность чествовала Н. А. Морозова по случаю 80-летия со дня его рождения.

Н. А. Морозов является представителем самого старшего поколения революционеров, которые признали необходимость организованной борьбы с самодержавием и изменения социального строя России.

Н. А. Морозов родился в 1854 г. в имении Борок (б. Ярославской губ.), принадлежавшем его отцу.

Первоначальное образование получил он дома под наблюдением матери и губернатора, а потом на 13-м году был определен во 2 Московскую гимназию. Здесь обнаружили его большие способности и любовь к естественным наукам. Будучи в старших классах, он организовал „общество естествоиспытателей-гимназистов“ с рукописным при нем журналом. Случайно номер этого журнала попал в руки одного из членов революционного кружка „чайковцев“, который и привел „редактора“ на одно из собраний кружка.

Это было в начале 1874 г., когда в большом ходу были утопические идеи народников, которые, проповедуя революцию, делали ставку на крестьян, как прирожденных социалистов. 19-летний Морозов, который готовился к ученой деятельности, но вместе с тем серьезно и много задумывался над вопросами общественного неустройства тогдашней России, недолго колебался: он решил немедленно „пойти в народ“ вместе с новыми друзьями — „чайковцами“.

Работа его, как и других, в этом направлении особого успеха не имела.

Преследуемый полицией, он вместе с другими кидался из Даниловского уезда б. Ярославской губ. в Курскую и Воронежскую, затем опять в Московскую и Ярославскую губернии, пока не вернулся обратно в Москву. Когда участие его в попытке устроить побег арестованному в Москве товарищу не состоялось, он был направлен в Петербург и оттуда за границу, чтобы дать ему передохнуть и ускользнуть от преследований полиции, так как ему угрожал неминуемый арест.

В Женеве он участвовал в редактировании революционного журнала „Работник“, писал в журнале „Вперед“, издававшемся П. Лавровым в Лондоне.

В январе 1875 г. Морозов был арестован на границе при возвращении в Россию с фальши-

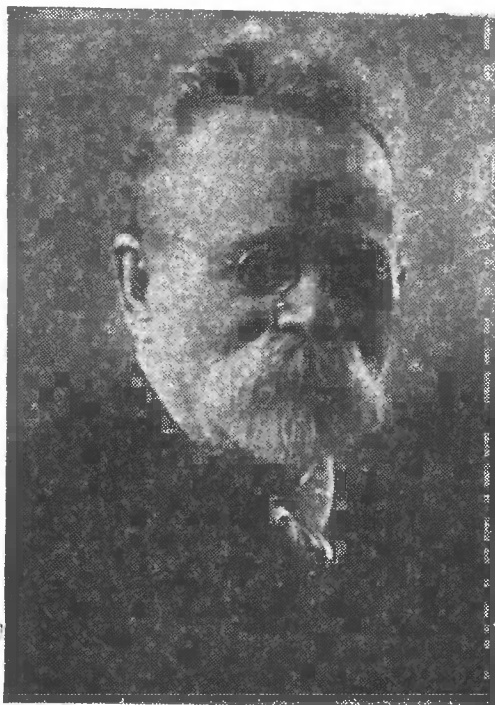
вым паспортом и провел три года предварительного заключения, пока не был судим по процессу 193 в 1878 г.

По приговору суда ему были зачтены в срок наказания эти три года, и он был выпущен на свободу. Н. А. Морозов немедленно перешел на нелегальное положение.

Вторичная попытка пропаганды среди крестьян в б. Саратовской губ. тоже не удовлетворила его, и он вернулся в Петербург, откуда ездил на юг для участия в освобождении с оружием в руках арестованного Войнаральского, когда его должны были взять через Харьков в центральную тюрьму, а затем ездил в Нижний Новгород устроить побег Брешко-Брешковской. Оба эти предприятия окончились неудачей, и Н. А. Морозов вернулся в Петербург. Здесь он был назначен редактором тайного журнала „Земля и Воля“. В это время лучший друг Морозова С. Кравчинский убил шефа жандармов Мезенцева. Товарищ его, студент Соловьев, стрелял в Александра II. В среде Землевольцев наметились два течения. Одно, которое возглавлял Морозов, было за усиление террора, за убийство царя. Другое, во главе которого стоял Плеханов, было против вооруженной борьбы с полицией и против убийства царя. Для окончательного разрешения наметившихся разногласий были созваны представители всех революционных групп, действовавших в разных местностях России, в г. Воронеже на съезд.

„На первом собрании“ — рассказывает Н. А. Морозов, — „Плеханов предложил мне прочесть, прежде всего, мою статью в последнем листке „Земли и Воли“, где я характеризовал смысл и значение нашей новой (террористической) деятельности. Я начал чтение с большим воодушевлением и кончил его, ожидая осуждения себе большинством присутствовавших, которых было более 30 человек. Но каково же было мое удивление, когда и работавшие в народе почти все не только признали полную совместимость нашей борьбы с самодержавием со своей деятельностью в деревнях, но даже объявили очень желательным иметь боевую группу в составе самой „Земли и Воли“. Он (Плеханов), — продолжает в своих воспоминаниях Н. А. Морозов, — „предложил голосовать решение поднятием рук: почти все руки поднялись за меня“.

Этим голосованием был положен фактический раздел „Земли и Воли“ на две организации.



Н. А. Морозов.

„Народники“ с Плехановым во главе — он тогда еще не был марксистом — организовали „Черный передел“, „террористы“ — „Народную Волю“, в которой редакторами журнала были выбраны Морозов и Тихомиров.

Как редактор партийного органа, как член Исполнительного комитета, Н. А. Морозов обнаружил активнейшую деятельность.

Только когда в январе 1880 г. была арестована в Саперном переулке типография Народной Воли, на устройство которой Н. А. Морозов подождал много сил, и в самой редакции Народной Воли обнаружались большие равногласия Н. А. Морозова с А. Тихомировым (впоследствии ренегатом), — Н. А. Морозова вторично отправили за границу, в Женеву. Там он усердно занимался в университете и не менее усердно литературными работами. Он написал и издал брошюру „Террористическая борьба“ и вместе с Лавровым и Гартманом предпринял издание революционной литературы под названием „Социально-Революционная библиотека“. По поводу этого издания он ездил в Лондон, где имел дважды свидание с К. Марксом, который общал дать свои работы для издания в „Социально-Революционной библиотеке“.

Но вскоре Н. А. Морозов вернулся в Россию, причем, как и в первый раз, был арестован на границе. Это было в январе 1881 г. Начались снова годы одиночного заключения. В феврале 1882 г. состоялся суд над Морозовым по процессу 20, и он был осужден на пожизненное заключение.

Первые три года заключения, проведенные в Алексеевском ревелине Петропавловской крепости, были самыми страшными. Н. А. Морозов харкал кровью, страдал цынгой и был на краю гибели. Но духом он не падал.

„Во время своего заключения в Шлиссельбурге — вспоминает В. Н. Фигнер, — Н. А. сохранил полное самообладание и неизменную доброту. Только первые самые удручающие годы он был молчалив и всегда погружен в мечту или грезу. Когда же тюремные условия переменялись к лучшему, Н. А. поража нас своей живостью и веселостью“.

Эти изменения к лучшему были для Н. А. связаны главным образом с тем временем, когда он стал получать книги и письменные принадлежности.

До вступления на путь активного революционера в 19-летнем возрасте Н. А. Морозов не имел возможности закончить своего образования, и он его пополнял только тогда, когда пребывал за решеткой.

За решеткой он изучил до 10 иностранных языков. За решеткой, в первые годы заключения, когда он не получал никаких книг, или получал только библию и другие духовного содержания книги, — Н. А. Морозов, обладая талантом научного теоретизирования, ходил по камере и размышлял. Потом, когда он стал более свободно получать книги, преимущественно по естественно-научным вопросам, он стал энциклопедистом.

В 1905 г. под напором первой русской революции „темницы рухнули, окопы тяжкие пали“, и Н. А. Морозов вышел из Шлиссельбурга бодрый, готовый начать деятельную жизнь.

Но 25 лет заключения с января 1881 г. по ноябрь 1905 г. не могли пройти бесследно.

В. Н. Фигнер говорит о себе: „Основным фактором моей жизни был Шлиссельбург. Он отнял у меня 20 лет жизни (у Н. А. Морозова 25 лет) и, отлучив на такой непрерывно долгий срок от общего потока ее, выбросил в иные поколения, в среду, перемолотую поступательным ходом экономического и общественного развития. Перешагнуть через совершившуюся эволюцию, слиться со всем изменившимся, новым, — оказывалось уже невозможным“.

В отношении Н. А. Морозова это положение и верно и неверно.

За время его 25-летнего заключения пришли в движение массы. Героям одиночек, какими были народовольцы, сменялся героизм масс. Во главе масс шел авангард рабочего класса. Полное погружение в науку, которое дало Н. А. Морозову силу сохранять бодрость и выйти таким же бодрым из Шлиссельбурга, на воле помешало ему разглядеть своевременно „поступательный ход экономического и политического развития“, и отсюда его удаленность от социально-политических событий современности и участие в либеральных органах периода до 25 Октября 1917 г.

Но то же шлиссельбургское погружение в науку дало ему возможность на воле немедленно развернуть всю силу своей исключительной одаренности, осуществить все то, что им было задумано в казематах Алексеевского ревелина и Шлиссельбурга.

Со времени освобождения до настоящего времени Н. А. Морозовым напечатаны свыше 40 книг и еще большее количество статей по самым разнообразным вопросам знания.

Наиболее капитальными работами его являются: „Периодические системы строения вещества“ (химия), „Основы качественного физико-математического анализа“, „Начала векториальной алгебры в их генезисе из чистой математики“, „Функция“ (математика), „Закон сопротивления упругой среды движущимся телам“ (механика), „Вселенная“ (астрономия), „Откровение в грозе и буре“, „Пророки“, „Христос“ — 7 томов и т. д. и т. д.

Основным качеством научного творчества Н. А. Морозова является смелость его гипотез, с которыми он не боится выступать против общепринятых взглядов, и обширность его философских обобщений в вопросах естественных наук.

Первой вышла из печати в 1907 г. книга, написанная Н. А. Морозовым еще в 1903 г. в Швейцарии: „Периодические системы строения вещества“.

Она была им тогда же послана на отзыв через тюремную администрацию Д. И. Менделееву или Н. И. Бекетову. Но департаменту полиции передал ее проф. Коновалов. Будучи решительным противником взглядов, проводимых в книге, он с лестным, впрочем, отзывом об авторе, как химике, вернул ее обратно департаменту полиции, где она пролежала до освобождения Н. А. Морозова.

Впрочем, не один Коновалов в то время был противником разложимости современных химических элементов.

Н. А. Морозов рассказывает о своей беседе с Д. И. Менделеевым в декабре 1906 г. по поводу печатавшейся тогда книги „Периодические системы строения вещества“. Он пытался изложить ему свои взгляды на эволюцию современных элементов из более первоначального вещества и на то, что периодическая система элементов представляет частный случай среди многих периодических систем, наблюдаемых в природе как на нашей планете, так и во вселенной. Когда в подкрепление своих доводов Морозов привел недавно открытый Рамзаем факт выделения радием особой эманации, превращающейся в гелий, Менделеев опровергал даже самый факт такой эманации, говоря, что, по всей вероятности, это ошибка эксперимента.

Для своей книги: „Периодические системы строения вещества“ Н. А. Морозов взял эпиграфом следующие слова Дж. Кл. Максвелла: „Для одного атом есть материальная точка, одаренная и окруженная потенциальными силами; другой не усматривает этого одеяния сил, а видит только крепчайшую броню простой непроницаемости. Но, хотя иные мыслители, видя, что призраки уходят от них в сокровеннейшее святилище непостижимо-малого, признавались, что вопрос им не по силам, и многие философы увещевали направлять свой ум к более полезной и достижимой цели, — однако всякое поколение, от самого раннего расцвета науки до наших дней, всегда посвящало должную долю своих интеллектуальных сил на разрешение вопроса о последнем атоме“.

Но с неменьшим правом автор мог бы взять эпиграфом к своей книге следующую мысль Ленина: „Разрушимость атома, неисчерпаемость его, изменчивость всех форм материи и движения всегда были опорой диалектического материализма“, ибо вся книга от начала до конца пронизана мыслью, что атом разрушим, что изменчивы все формы материи и движения.

В своих „Периодических системах строения вещества“ Н. А. Морозов ставит себе задачей выяснить, что каждый из известных нам элементов, содержащихся в земной атмосфере, в земной коре или наблюдаемых нами на небесных светилах, не является вечным и неизменным, а когда-либо произошел или происходит теперь из других составных частей.

Ставя также вопрос, не распадаются ли при иных каких-либо космических условиях атомы основных веществ, известных нам в окружающих нас телах, на другие, более первоначальные частички, он отвечает: — „Есть все основания считать, что атомы химических элементов совершают свою эволюцию в бесконечной истории мироздания“.

Н. А. Морозов в основу своего исследования кладет поразительное сходство периодических свойств химических элементов с периодичностью рядов, в которые могут быть уложены углеводороды (карбогидриды).

Возьмем, например, таблицу (см. стр. 62).

В клетках этой таблицы взяты для примера первые четыре периода Менделеевской периодической системы и расположены в три периода так наз. алифатические нормальные радикалы.

Последние представляют собой цепочки углевода с пристающими к ним атомами водорода, которые, начиная с третьего периода, могут, колеблясь, освобождая два атома водорода.

Эти радикалы, кроме радикалов последнего нолевого ряда, в соединении с кислородом дают жировые и крахмалистые вещества, в соединении с азотом и циклическими радикалами — белковые вещества.

Все эти углеводородные радикалы играют структурную роль непрочных в свободном виде, но все же реально существующих в органическом мире соединений. Это как бы своеобразные сложные атомы, которые по валентности и другим свойствам сходны с соответствующими рядами химических элементов периодической системы Менделеева. Исключения не составляет и нолевой ряд, где, как, например, Ne и  $\text{CH}_4$  (метан) безвалентны.

Это наводит, по мнению Н. А. Морозова, на мысль, что и структурно периодическая система химических элементов вызвана была к существованию аналогично системе органических радикалов.

С этой точки зрения атомы наших химических элементов должны быть сложными единицами, возникшими из комбинации, по однородному принципу, различного числа атомов двух первоначальных веществ, аналогично тому, как сложились углеводороды из одного, сильно склонного к полимеризации своих атомов (как углерод) многовалентного вещества, и из другого более легкого и менее валентного, подобного водороду.

Таковыми веществами Н. А. Морозов считает гелий и неизвестное нам на земле вещество,

							H 1	He 4
ПЕРИОДЫ	7 Li	9 Be	11 B	12 C	14 N	16 O	19 F	20 Ne
				12 C	13 CH	14 CH <sub>2</sub>	15 CH <sub>3</sub>	16 CH <sub>4</sub>
	23 Na	24 Mg	27 Al	28 Si	31 P	32 S	35 Cl	40 Ar
		24 C <sub>2</sub>	25 C <sub>2</sub> H	26 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	27 C <sub>2</sub> H <sub>3</sub>	28 C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	29 C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	30 C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
	39 K	40 Ca	44 Sc	48 Ti	51 V	52 Cr	55 Mn	58 Ni
	C <sub>3</sub> H	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
	37	38	39	40	41	42	43	44
Р Я Д Ы	7	6	5	4	3	2	1	0

встречающееся в спектре вполне образовавшихся светил и называемое небулезием. К этой основе, по свойствам самой системы, он добавляет третий компонент, представляющий собой водород в особом состоянии, и еще две частицы первичных веществ, отождествляемых им с двумя противоположными зарядами электричества, названных Морозовым Анодием и Катодием.

Таким образом, путем целого ряда теоретических сопоставлений Н. А. Морозов сходит строение атома к следующим компонентам: 1) вещество z, более первичное, чем современные элементы, анионизирующееся при электролизе, восьми-валентное с атомным весом 4 (оно играет роль углерода в интраатомных цепях современных углеводородных радикалов); 2) вещество ·x, более первичное, катионизирующееся при электролизе двухвалентное с атомным весом 2 (полуатом гелия, считая He = x :: x); 3) вещество h с одним катионизирующимся (·) и одним анионизирующимся (—) пунктом сцепления и весом = 1 (водород); 4) An (анодий) — анионный элементарный заряд, обуславливающий своим числом при атоме его валентность по водороду и щелочным металлам; 5) Kt (катодий) — катионный элементарный заряд, обуславливающий своим числом при атоме его валентность по галоидам и их заместителям. От структуры данного элемента зависит его свойства и его атомный вес, который можно получить, сосчитав веса z, x и h в данной структуре.

Например: (фиг. 1).

К этой теории строения земных элементов нужно прибавить, что Н. А. Морозов считает возможным существование, на основании данных спектрального анализа, других периодических систем на других светилах вселенной.

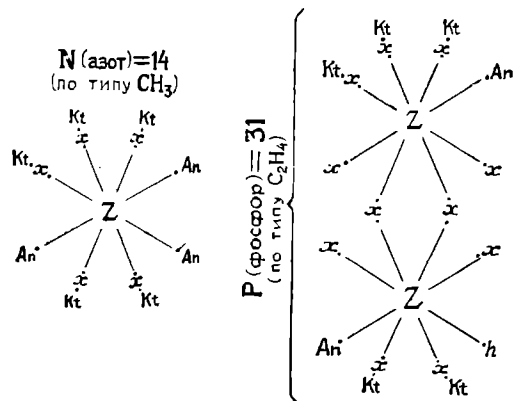
Уже после выхода книги „Периодические системы строения вещества“, когда стала развиваться электронная теория, Н. А. Морозов в другой работе ставит вопрос, в каком отношении

находится к ней его структурная теория строения вещества, и отвечает:

„Она делает к ней очень серьезный переходный шаг. Она показывает, что все виды вещества могут быть признаны сложившимися из электронов не непосредственно, а путем длинной космической эволюции, через целый ряд промежуточных ступеней.

Сколько таких ступеней придется еще пройти, чтобы достигнуть первоисточника всякого вещества, в настоящее время мы не можем себе даже и представить. Эволюционная теория находится еще в зарождении и в какие неведомые области заведет она нас, покажет только будущее“.

Это будущее сейчас стало настоящим, и над ним бьются крупнейшие ученые всего мира. Понятно, что, взявшись за „разрешение вопроса о последнем атоме“, Н. А. Морозов не мог его разрешить в камере Шлиссельбургской крепости одной силой своего философски-теоретического ума.



Фиг. 1. Модели атомов азота и фосфора.



Но несомненно, что Н. А. Морозов теоретически продвинул многое из того, что сейчас экспериментально разрешается в вопросе строения атома, каким он рисуется нам в свете последних открытий.

В 1912 г. вышел большой труд Н. А. Морозова „Вселенная“ в составе „Итогов науки“. Здесь содержится наиболее полное изложение астрономических идей Н. А. Морозова. Здесь он с совершенно новых и оригинальных точек зрения подходит к таким капитальным вопросам астрономии, как всемирное тяготение, происхождение солнечной системы, строение млечного пути, происхождение лунных цирков и т. п.

Энгельс в „Диалектике природы“ говорит: „Все учение о притяжении сводится к утверждению, будто притяжение есть сущность материи. Это по необходимости ложно. Там, где имеется притяжение, оно должно порождаться отталкиванием. Поэтому же Гегель вполне правильно заметил, что сущность материи — притяжение и отталкивание.“

И действительно, мы все более и более вынуждены признать, что рассеяние материи имеет границу, где притяжение переходит в отталкивание и что, наоборот, сгущение оттолкнутой материи имеет границу, где оно становится притяжением“.

Именно таким образом разрешает вопрос о всемирном тяготении Н. А. в еще раньше написанной книге „Основы качественного физико-математического анализа“ (1908 г.).

Эпиграф к главе XII (стр. 270) резюмирует обобщаемую Н. А. идею: „нет поля радиации без поля тяготения и нет поля тяготения без поля какой-либо радиации; когда потухает одно, исчезает и другое, потому что оба поля одно и то же“. Далее, приводя итоги опытов ряда ученых над притяжением тел к звучащим камертонам, Н. А. делает гипотезу о возможности аналогичного объяснения всемирного тяготения: „Если бы мы могли доказать, что атомы небесных тел вызывают в окружающем их вселенском океане какой-либо род волнообразных движений, аналогичных звуковым движениям наших камертонов, то этим самым мы бы были приведены к заключению, что в результате таких движений неизбежно было бы образование около светил таких же полей притяжения, какие произошли бы в воздухе около большого скопления звучащих камертонов“.

Пользуясь и другими аналогиями с камертоном, Н. А. приходит к выводу, что эфирный океан около светила как будто перевернут вверх дном и потому гонит гидростатически всякий попавший в него посторонний атом из небесной „глубины“ на свою „поверхность“, совпадающую с поверхностью источника радиации.

Приведем несколько примеров из космологических идей Н. А. Морозова.

Н. А. проводит аналогию между солнечной системой и звездными скоплениями разных порядков. По мнению Н. А., у последних также существуют центральные светила, хотя они еще не открыты. Великий центр нашего звездного скопления мог сыграть свою роль и при образовании солнечной системы из первичной туманности, обусловив, например, обратное движение спутников Урана. По мысли Н. А., отдельные

звездные скопления, группируясь вместе, образуют систему следующего порядка — скопление скоплений и так далее. Их последовательные атмосферы состоят из газов все более легких и подвижных, но оказывающих все большее давление на погруженные в них тела соответственно своим размерам. Заканчивается ряд светонесным эфиром, который не заполняет всей вселенной и не тождествен с первичным веществом — мировым эфиром. Мы никогда не увидим тех светил, которые находятся вне нашей светонесной атмосферы, хотя и можем догадываться об их существовании.

Чрезвычайно интересен взгляд Н. А. на жизнь вселенной. Вот что говорит по этому вопросу Н. А. в своей книге „Вселенная“ (стр. 616). „Вселенная вечно живет в бесконечности светил. Это — основное требование, к которому мы должны приспособить все наши научные выводы. Всякий вывод, не удовлетворяющий этому основному требованию, должен быть отброшен нами, как бы научен он ни казался с первого взгляда. Таковы, например, попытки знаменитого английского физика, лорда Кельвина доказать неизбежность прекращения в грядущем всех изменений в природе на основании учения о рассеянии энергии в пространстве или, как принято выражаться, энтропии. Мы а priori можем сказать, что в этом выводе должна заключаться принципиальная односторонность. В нем должен быть упущен из виду какой-нибудь фактор, такой же могучий, как и энтропия, но противодействующий рассеянию энергии... Раз вселенная повсюду бесконечно жила в своих то возникающих, то угасающих мирах, она не может и перестать в них жить. Чему нет начала, тому не может быть конца“.

Интересно отметить, что в этом же направлении смотрел на вопрос об энтропии Энгельс в „Диалектике природы“, о которой не мог знать Морозов: „Говорят, — пишет Энгельс, — будто материя за время своего бесконечного существования имела только один раз, и то на ничтожно краткий по сравнению с вечностью срок, возможность дифференцировать свое движение и таким образом развернуть все богатство этого движения, и что до этого и после этого она навеки обречена довольствоваться простым перемещением, — говорить это — все равно, что утверждать, будто материя смертна и движение переходящее“. И далее: „Мы приходим таким образом к выводу, что излучаемая в мировое пространство теплота должна иметь возможность каким-то путем, установив который предстоит в будущем естествознанию, презраться в другую форму движения, в которой она может снова накопиться и начать функционировать“.

По вопросу о происхождении лунных цирков Н. А. является противником гипотезы их вулканического происхождения. Еще в Шлиссельбурге, независимо от немецких авторов Генриха и Августа Тирша, им была разработана теория метеоритного их происхождения. Дело в том, что почва лунной поверхности, чрезвычайно сухая, растрескалась от перемены температуры и стала похожа на наносы пыли и песка наших пустынь. Падая на луну с огромной скоростью (благодаря отсутствию или чрезвычайной разреженности атмосферы), метеориты при ударе и моменталь-

ной остановке превращаются в перегретые газы с невообразимой для нас разрывной силой.

Вследствие этого поверхностные слои лунной почвы впасть до ее более твердого грунта разламываются на огромное расстояние и располагаются валом кругом образовавшегося плоского дна: так образуется цирк.

Большую группу представляют работы исторического характера, начатые Н. А. еще в Шлиссельбурге „Откровением в грозе и буре“ и продолжавшиеся до настоящего времени в законченном к печати IX томе „Христа“.

„Откровение в грозе и буре“ вышло из печати в 1907 г. Здесь Н. А. подвергает научной критике одну из книг так наз. священного писания „Апокалипсис“, пользуясь астрономическим методом.

Церковь считала Апокалипсис боговдохновенной книгой, написанной под диктовку самого бога учеником Христа, апостолом Иоанном в I веке.

Н. А. Морозов, на основании описания картины звездного неба и расположения планет, имеющегося в Апокалипсисе, вычислил, когда такое расположение имело место, и пришел к выводу, что Апокалипсис, представляя по содержанию астрологическое предсказание, написан ученым астрологом, Иоанном Антиохийским, называемым Златоустом, на острове Патмосе 30 сентября 395 г. по случаю землетрясения.

В 1914 г. вышла книга „Пророки“, тоже задуманная еще в Шлиссельбурге. И здесь Н. А. Морозов пользуется тем же астрономическим методом для установления времени написания книг так наз. пророков. К этому методу Н. А. прибавил лингвистический, так как он к этому времени изучил древне-еврейский и халдейский языки в дополнение к тем — греческому, латинскому и др., которыми он раньше пользовался при разборе Апокалипсиса.

Разобрав таким образом пророчества Иезекииля, Захария, Иереми, Даниила и Исаии, которые не представляют собственных имен, а заглавия книг, указывающие на их содержание, Н. А. Морозов устанавливает время их написания: преддверие средних веков — V и VI века после Р. Х., т. е. переносит время их написания на 1000 лет позже, чем это изображают теологи. Вместе с тем он здесь впервые поднимает вопрос о подложности всех тех письменных документов, на основании которых хотят доказать более раннее происхождение библейских книг.

С 1920 г. Н. А. Морозов приступил к многолетнему труду „Христос“, который является его самым любимым произведением. До сих пор вышло 7 объемистых томов.

Под названием „Христос“ Н. А. Морозов понимает не определенную личность, а его греческое значение — „посвященный в тайны высших знаний“ (посвященник, помазанник). Книги „Христос“ представляют опыт истории умственной культуры посвященнического периода, т. е. того периода, который связан с деятельностью разных мифических личностей, начиная с Иисуса Христа, Моисея и Аарона, Магомета и Будды и кончая Юлием Цезарем, Юстинианом Великим и Чингис-Ханом.

Целью, которую ставит себе Н. А. Морозов в многолетнем труде своем „Христос“, является — согласовать исторические науки с естественными, установить прежде всего научную хронологию взамен существующей в отношении разных культур: древне-месопотамской, сирийской, греческой, италийской (также тибетской и индустинской), привести их к согласованию между собой и с историей средних веков.

Для этого, кроме тех двух методов — астрономического и лингвистического, о которых было сказано выше, Н. А. Морозов пользуется еще: методом геофизическим, состоящим в рассмотрении того, возможны ли те или иные крупные историко-культурные факты, о которых нам сообщают древние авторы, при данных геофизических, геологических и климатических условиях указываемой местности; материально-культурным методом, — показывающим „несообразность многих сообщений древней истории при сопоставлении их с историей эволюции орудий производства и с состоянием тогдашней техники“; этно-психологическим методом, состоящим в „исследовании того, возможно ли допустить, чтобы те или другие крупные литературные или научные пресозвездия, приписываемые древности, могли возникнуть на той стадии моральной и мыслительной эволюции, на которой находился тогда данный народ.

В 1911 г. был издан сборник стихотворений Н. А. Морозова под названием „Звездные Песни“, за которые ему достался 1 год сидения в Двинской крепости. Во время пребывания там им были написаны 4 тома „Повестей моей жизни“.

Н. А. Морозов — это заря русской революции. Имя его, связанное с блестящим периодом деятельности Народной Воли, с 29-летним пребыванием в тюрьмах, в том числе с 25-летним заключением в русской Бастилии, где он показал образец стойкости, с одной стороны, и сердечной теплоты и чужкости к товарищам по заключению, с другой, — пользуется огромной популярностью и любовью миллионов трудящихся.

Вместе с тем на долю Н. А. Морозова выпало огромное счастье. Он дождался Октябрьской революции и включился активным работником социалистического строительства нашей страны.

С первых дней после 25 Октября Н. А. Морозов передал б. Петербургскую биологическую лабораторию, основанную П. Ф. Лесгафтом, в ведение Наркомпроса, преобразовав ее в Научно-исследовательский институт.

Этот институт под его бесспорным руководством с 1918 г. до настоящего времени проводит большую научную и практическую работу.

Н. А. Морозов до Октября дал в своих разнообразных по содержанию произведениях множество научных обобщений и идей к дальнейшим научным изысканиям. Но самое любимое им произведение „Христос“, в котором он без остатка разбивает все следы средневековой и церковного мракобесия, он пишет при советской власти, которая, как он говорит в предисловии к 1-му тому „Христос“, только и дала ему возможность осуществить свой замысел, задуманный в каземате Алексеевского рвадина.

# НОВОСТИ НАУКИ

## ФИЗИКА

**Новый способ получения сверхвысоких давлений и температур.** Проблема получения высоких давлений имеет несомненно большое научное и практическое значение. Достаточно вспомнить, что габеровский метод связывания атмосферного азота, сыгравший столь выдающуюся роль в истории последней империалистической войны, осуществляется под давлением в несколько сот атмосфер. Несомненно следует ожидать интересных результатов от быстро развивающейся физики высоких и сверхвысоких давлений. Большие конструктивные и принципиальные затруднения при осуществлении аппаратуры для получения давлений порядка нескольких десятков атмосфер требуют организации больших и дорого стоящих институтов, и потому соответствующие исследовательские центры не могут быть широко распространены. Тем большего внимания заслуживает новая оригинальная методика получения сверхвысоких давлений и температур, осуществленная Карлом Рамзауером в Научно-исследовательском институте Всеобщей компании электричества (AEG) в Берлине. Эта методика состоит в следующем. Пуля, вылетевшая из ружья с некоторой начальной скоростью  $V$  и обладающая кинетической энергией  $\frac{mV^2}{2}$ , где  $m$  означает массу пули, влетает в другой, закрытый с одной стороны, ружейный ствол, сжимает находящийся в стволе газ и одновременно нагревает его. В момент остановки пули вся ее кинетическая энергия переходит в энергию сжатого газа. После этого процесс делается обратным. Сжатый газ выталкивает пулю с все более и более возрастающей скоростью из второго ствола, и она опять попадает в первый, где производит подобное же сжатие и т. д. Пуля начинает совершать колебания между 2-мя стволами с постепенно уменьшающейся энергией, вследствие ряда необратимых потерь. В опыте Рамзауера длина ствола составляла около 80 см, калибр пули был 9 мм, масса пули — 10 г и длина ее — 20 мм. В качестве движущей силы был применен вместо пороха сжатый воздух. Для определения начальной скорости пули был применен специальной конструкции кино-аппарат, делавший до 80 000 фотографий в секунду и снимающий пулю в последовательных положениях при пролете точного известного расстояния между стволами. С помощью вышеописанной методики были исследованы газы аргон, азот и углекислота. Данные приведенные в таблице, дают представление о тех больших плотностях (а, следовательно, и давлениях), которые были достигнуты.

Здесь  $l$  означает длину ствола,  $V_1$  — скорость пули при влете в ствол,  $V_2$  — скорость пули при вылете,  $\Delta l$  — длина ствола, занимаемая газом в момент наибольшего сжатия,  $\rho$  — плотность газа в тот же самый момент.

Природа № 8.

Газ	$l$ см	$V_1$ м/сек.	$V_2$ м/сек.	$\frac{V_1 - V_2}{V_1} \cdot 100$	$\Delta l$ см	$S$ г/см <sup>3</sup>
А . . .	69.7	154	123	20	0.32	0.4
N <sub>2</sub> . .	69.7	168	107	36	0.16	0.6
CO <sub>2</sub> .	67.5	171	85.5	50	0.09	1.5

Достигнутые максимальные плотности весьма значительны, превышая обычные при нормальном давлении во многие сотни раз. Особенно обращает внимание на плотность газообразной углекислоты, превышающая плотность воды в 1½ раза. Соответствующие этим плотностям давление и температура могут быть приблизительно получены косвенным путем из уравнения состояния взятых газов. Применяя законы идеальных газов, автор вычисляет ожидаемые значения давления и температуры при различных скоростях полета взятой им для эксперимента пули. Например, при начальной скорости в 200 м/сек мгновенное максимальное значение давления в углекислом газе должно быть 53 000 атм., а температура — 3800°. Полученные с помощью подобных вычислений значения являются безусловно неверными вследствие того, что при столь больших сжатиях газа законы, выведенные для идеального газового состояния, уже более неприменимы. Тем не менее эти числа показывают, что с помощью описанной методики могут быть достигнуты весьма высокие значения давления и температуры.

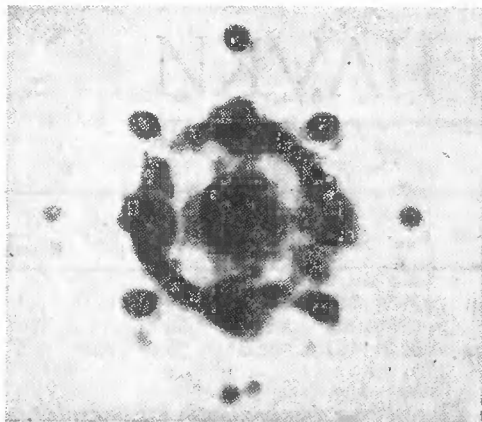
Вставляя в дно ствола прозрачное окошко из плавленого кварца, можно было заметить свечение газа в момент наибольшего сжатия. Фотографирование с помощью ряда фильтров показало, что получается, главным образом, ультрафиолетовая часть спектра. Приведенные Рамзауером сведения носят предварительный и ориентировочный характер. Автор надеется усовершенствовать методику и применить ее к решению ряда вопросов, в частности к определению электропроводности сильно сжатого газа.

Б. Шпаковский.

**Диаграммы Лауэ с оптическими волнами.** Со времени открытия интерференции Рентгеновых лучей в пространственных кристаллических решетках неоднократно производились попытки обнаружить аналогичное явление и с оптическими лучами.

Применяя метод Дебая и Сирса — о нем уже упоминалось на страницах „Природы“<sup>1</sup> — Кл

<sup>1</sup> Дифракция света на ультразвуковых волнах. Природа, 1934, № 4, стр. 64.



Фиг. 1.

Шефер и Л. Бергманн (Cl. Schaefer und L. Bergmann, Sitzungsber. der Preuss. Akad. der. Wiss., X, 1934, 152), получили с помощью звуковых волн внутри жидкости пространственную структуру, в которой световые волны рассеиваются совершенно таким же образом, как лучи Рентгена в пространственной кристаллической решетке.

Для этой цели они пользовались тремя совершенно одинаковыми пьезо-кварцевыми пластинками с числом колебаний  $2 \cdot 10^6$ ; расположенные соответственным образом, они давали три взаимно-перпендикулярных пучка ультразвуковых волн; объем жидкости, пронизываемый этими пучками, приобретает характер пространственной решетки.

Луч света, пущенный по направлению одного из этих пучков, дает интерференционную картину, вполне аналогичную диаграммам Лауэ, как это видно на фиг. 1.

*М. Савостьянова.*

## ХИМИЯ

**Новые данные по тяжелому водороду.**  
1. Упругость пара смесей  $\text{H}^1$  и  $\text{H}^2$  изучена Льюисом и Гансоном (Журн. амер. хим. общ., 56, 1000, 1934) в виде предварительных определений из-за недостатка материала и неподходящей аппаратуры. Тем не менее полученные данные позволяют сделать вывод, что эти смеси близко следуют закону Рауля. Кривая упругости пара смеси для молекулярных фракций D при  $18.65^\circ \text{K}$  (или абсолютн.) представляет прямую линию. Кривая температуры замерзания также оказывается почти прямой линией. Так как эти смеси содержали лишь молекулы  $\text{H}_2^1$  и  $\text{H}_2^2$ , то авторы поместили смесь из равных частей изотопов в сосуд с раскаленной платиновой нитью на 30 час., чтобы получить соответствующее равновесное количество молекул  $\text{H}^1\text{H}^2$  и изучить упругость пара этой смеси. Разница, видимо, незначительна; во всяком случае, за недостатком материала, невозможно было провести точные определения.

2. Упругость пара жидкого и твердого дейтерия изучена Льюисом и Гансоном (Журн. амер. хим. общ., 56, 1001, 1934). Исследовались

упругости пара чистого дейтерия и смесей протия и дейтерия, причем они сравнивались с обыкновенным параводородом. Числовой материал приводится в таблице (ср. оригинал). Во время работы выяснилась крайняя чувствительность метода к примесям легкого водорода. Первый раз оказалось, что дейтерий, полученный разложением тяжелой воды натрием, содержал еще  $1.5\%$   $\text{H}^1$ , который происходил, без сомнения, от натрия. Поэтому давали натрию прореагировать лишь наполовину и затем уже собирали дейтерий; примесь в  $0.1-0.2\%$  в полученном таким образом газе удалена фракционной перегонкой при  $20^\circ \text{K}$ .

По окончании вышеописанных определений, чистый  $\text{H}_2^2$  переведен в трубку с древесным углем, чтобы установить разницу в упругости пара вследствие получения равновесия между орто- и пара-формами дейтерия. К удивлению, полученные величины упругости при нескольких температурах точно совпадают с прежде полученными. Это можно объяснить трояким образом: 1) достижением равновесия до перевода газа в трубку с углем, 2) неспособностью угля вызвать равновесие и 3) незначительной разностью в упругости пара обеих форм, ускользающей от наблюдения.

3. Упругость пара жидкого и твердого цианистого дейтерия. Льюис и Шутц (Журн. амер. хим. общ., 56, 1002, 1934) предприняли исследование упругости пара D CN с целью проверить свою гипотезу, высказанную ими в статье о дейтероуксусной кислоте и заключающуюся в том, что большая разница в упругости пара водородной и дейтериевой формы таких веществ, как вода и аммиак, надело вызывается большей силой связи дейтерия в сравнении со связью водорода. Гипотеза уже выдержала испытание на хлористых водороде и дейтерии, у которых имеется незначительная тенденция к образованию такого рода связи и которые, несмотря на низкую температуру, в действительности обнаружили ожидающуюся очень незначительную разницу упругостей пара.

Цианистый дейтерий был выбран, как крайне аномальная жидкость, у которой эта ненормальность, однако, вызвана не образованием водородной связи, но наличием высокого дипольного момента. Полученные при этом исследовании результаты показали сильно заметную разницу между упругостями пара двух жидкостей  $\text{H}^1\text{CN}$  и  $\text{H}^2\text{CN}$ , что является прекрасным подтверждением гипотезы авторов. Цифровые данные приводятся в виде таблицы (ср. оригинал) и могут быть выражены четырьмя равенствами (для двух жидких и для двух твердых соединений, см. оригинал); в случае жидкого состояния получается хорошее совпадение между опытными и вычисленными по равенствам величинами, а в случае твердого состояния менее удовлетворительные результаты.

4. Константа ионизации дейтероуксусной кислоты. Льюис и Шутц (Журн. амер. хим. общ.) измерили электропроводность дейтероуксусной кислоты в тяжелой воде ( $97\%$ ) при  $25^\circ$  и концентрациях  $0.0722 \text{ н.}$  и  $0.1444 \text{ н.}$  в аппаратуре Льюиса и Дуди и получили соответственные величины удельной проводимости  $1.83$  и  $2.59 \times 10^{-4}$ , дающие константу ионизации в  $0.59 \times$

$\times 10^{-5}$ . К сожалению, удельная проводимость тяжелой воды составляла  $2.3 \times 10^{-5}$ ; если вычесть эту величину из таковой для раствора кислоты, то константа диссоциации будет на 20% меньше; в общем она меньше  $1/8$ , чем таковая для уксусной кислоты в обычной воде  $1.84 \times 10^{-5}$ . Громадный сдвиг равновесия при переходе от гидро- к дейто-соединения показывает, насколько дейтон более сильно удерживается парой электронов другого атома, чем протон. Ионизация кислоты несомненно задерживается присоединением молекул растворителя к неионизированной кислоте и к ионам.

5. Инверсия тростникового сахара серной кислотой в тяжелой воде (90%) протекает гораздо скорее, чем в обыкновенной воде. Скорость близко пропорциональна концентрации ионов водорода. Константы скорости и другие данные сведены в таблице.

Температура	Вода	Концентрац. ионов Н	$K \cdot 10^5$ (сек.)	$\frac{K}{(H^+)} \cdot 10^4$
30.6	Обыкн.	0.176	2.85	1.62
30.7	Тяжел.	0.214	5.37	2.51
30.7	"	0.391	11.3	2.89
40.1	Обыкн.	0.195	10.6	5.44
40.0	Тяжел.	0.203	18.9	9.02

Наблюдение сделано Мэ́львин-Гэс и Бонгэ́ффером (Naturw., 22, 174, 1934).

6. Раманов спектр тяжелой воды (84%) исследован Вудом (Nature, 133, 106, 1934), который нашел, что молекуле  $D_2O$  соответствует раманова полоса с разностью частот в  $2517 \text{ см}^{-1}$ , тогда как молекуле  $H_2O$  необходимо приписать две полосы с  $\Delta\nu = 2623$  и  $3500 \text{ см}^{-1}$ . Обычная вода дает полосу с  $\Delta\nu = 3445 \text{ см}^{-1}$ . Вследствие взаимного перекрытия полос, необходимо копировать друг на друга два снимка при разных концентрациях для определения перемещения полос.

Э. Фрицман.

## ГЕОЛОГИЯ

### Минералогия

#### О распространении вивианита в Белоруссии.

Типичный минерал зоны выветривания, фосфат закисного железа—вивианит  $[Fe_3(PO_4) \cdot 8H_2O]$ , известный также под русским названием синей болотной руды, является по распространности вторым после трехкальциевого фосфата соединением фосфора в земной коре, входящим в состав залежей, пригодных для разработок и извлечения фосфора. Кроме используемых для получения томашлака кристаллических разновидностей вивианита и фосфатов окисного железа (бераунит  $4FePO_4 \cdot Fe_2O_3 \cdot 8H_2O$ ) железных руд, огромные, но распыленные количества вивианита содержатся в зоне тундровых почв и в болотных поч-

вах подзолистой зоны, обуславливая (при окислении его на воздухе) сине-голубую окраску торфа, сивые и вележоватые тона глеевых горизонтов болотных и подзолисто-болотных почв.

В Белоруссии, обладающей наибольшей в Европе заболоченностью (21% всей площади БССР занимают болота), недавние исследования выявили нахождение вивианита в более значительных скоплениях, а агрохимические работы установили полную возможность применения вивианитовых пород в качестве хорошего фосфорнокислого удобрения. Геолог Геологического института Белорусской Академии Наук С. С. Маляревич обнаружил в Осиповичском районе залежание синего цвета окрашенной вивианитом вязкой породы, которая, перемежаясь с лимонитом, простирается на расстоянии 5 км вдоль рр. Синей и Синицы. Само название этих рек выводят от синего цвета вивианитовой породы, используемой местным населением в качестве краски. Высоким содержанием вивианита, пронизывающего торф почти доверху, отличается березняково-ольшатиновое болото по р. Сметанке в Шкловском районе, Луковское болото (Рогачевский и Жлобинский районы) и ряд других. Содержание чистого вивианита в торфе доходит до 80%, количество  $P_2O_5$  в вивианите Яхимовского торфяника Минского района достигает 25.12% на абс. сух. веществе.

Агрохимические исследования Ф. Н. Доминиковского (Центральная агрохимическая лаборатория НКЗ БССР, 1930 и Агротехнический институт Белорусской Академии Наук, 1933 г.) выявили хорошую усвояемость фосфора вивианита овсом, причем этот фосфат железа, хотя и уступал в величине повышения урожая (на подзолистых почвах) суперфосфату, но превосходил действие фосфоритной муки. Следует отметить высокую растворимость вивианита в слабых кислотах: в вивианитовом торфе Койдановского болота (Дзержинский район БССР) из 11.35% общего количества  $P_2O_5$  лимонно-растворимой 10.57%, по водно-растворимой — следы. Вивианитовый торф в воздушно-сухом состоянии (ок. 21% гигр. воды) легко истирается в тонкий пылящийся порошок серо-голубого цвета, на масле дающий слишком темную краску, но могущий быть с успехом использованным как фосфорнокислое удобрение местного значения тем более, что кирпичи вивианитового торфа, легко отличимые по голубой окраске, на торфоразработках являются отбросным материалом, так как такой торф в печах плохо горит и портит отопительные приспособления.

Ф. Н. Доминиковский.

### Физическая география

Географическое распространение подводного (донного) льда на территории СССР. Явление ледообразования на подводных предметах и в частности на дне водоемов до сих пор изучалось либо в лаборатории, либо в естественных условиях на определенном участке одной реки или озера. Благодаря тесной увязке и сочетанию обоих из упомянутых методов, с применением также и аналитического метода, удалось внести ясность в понимание явления, по отноше-

нию к которому в прежнее время в течение очень долгого периода не имелось верных представлений (ср. Природа, №№ 7 и 12, 1933 г.).

По мысли директора Государственного Гидрологического института Ф. А. Маркова в процессе изучения указанного выше явления нами был применен новый метод, географо-гидрологический, широко используемый в этом институте. Применение такого метода уже на первых порах дало обогащение арсенала аргументов для построения правильной теории явления и, кроме того, привело к открытию новых фактов, которые не могли быть четко установлены упомянутыми раньше методами и выявились лишь благодаря применению географо-гидрологического метода.

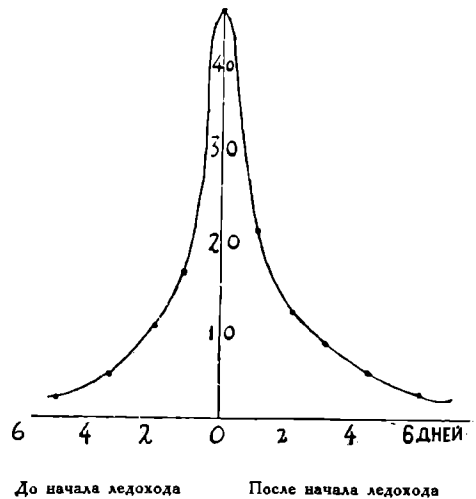
В начальной стадии своего развития применение последнего сводилось к организации массовых наблюдений на территории всего Союза и к сбору полученных данных в анкетном порядке. В виду новизны дела и ненадежности аппарата, первый опыт по организации таких наблюдений нельзя признать вполне удавшимся, в виду малого процента (10%) полученных обратно заполненных анкет. Тем не менее присланные около 600 анкет дали материал для некоторых выводов и заключений. В дальнейшем это дело будет значительно улучшено и расширено.

О полученных результатах подробнее будет изложено в изданиях Института; здесь же отмечены будут лишь некоторые выводы и новые факты, характеризующие небезытересные особенности своеобразного явления.

Прежде всего подтвердились выводы, сделанные нами на основании лабораторных опытов и исследований в природе. Выявилось, во-первых, то, что генезис явления нельзя связывать с изучением, которое не играет той исключительной роли в явлении, какое ему (излучению) приписывает американская точка зрения (Барнес). Явление наблюдалось даже преимущественно в пасмурную погоду, когда излучения со дна реки в небесное пространство не могло иметь места. О том же свидетельствует факт образования льда на дне горных потоков, несущих весьма много песка и ила, абсолютно препятствующих проникновению лучистой энергии сквозь толщу потока.

Далее подтвердилась роль движения воды, в смысле усиления эффекта с увеличением скорости воды, которая является благоприятствующим фактором для образования подводного льда. Подтвердилась также и благоприятная роль ветра, при отсутствии которого явление наблюдалось лишь в редких случаях. Гораздо чаще оно имело место при ветре средней и большой силы.

Затем подтвердилось, что материал ложа не играет той специфической роли, какую ему пытаются приписать. В частности, полученные данные отвергают предрассудок, что подводный лед будто бы осаждается только на каменном грунте, как обладающем большею теплопроводностью. Оказывается, явление наблюдалось на песчаном грунте даже чаще, чем на каменистом, и кроме того, констатировано оно на илистом грунте и на глине. Этот факт одновременно опровергает также и произвольное толкование Щукина, относящееся к первой трети прошлого века и приписывающее причину явления холоду, якобы имеющемуся в толще грунта. Непосредственные промеры температуры грунта пока-



До начала ледохода      После начала ледохода  
Фиг. 1. Кривая частоты появления донного льда.

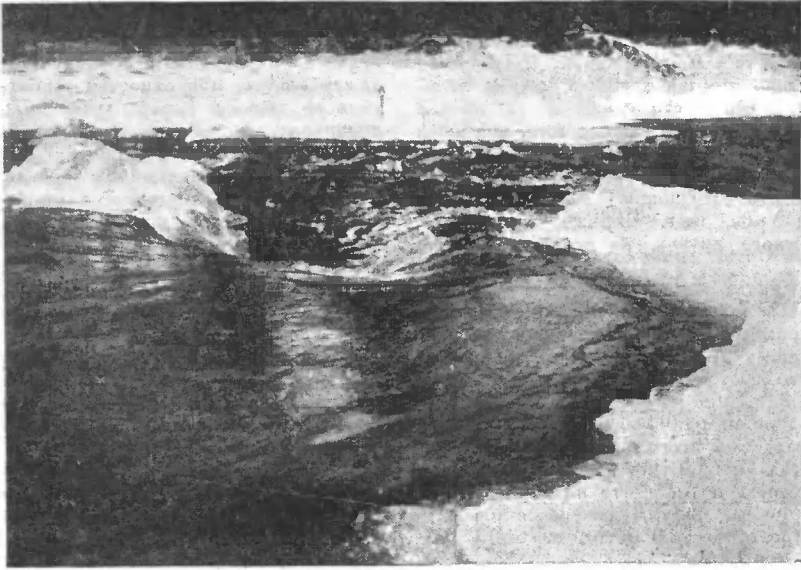
зали, что о холоде (отрицательной температуре) в грунте ложа не может быть и речи.

К этому вековому недоразумению волеяневолей приходится возвращаться потому, что в наше время, как это ни странно, делается попытка возврата к этой не выдерживающей никакой критики не-научной точке зрения, отвергнутой в свое время акад. В. А. Обручевым. Та же точка зрения признана несостоятельной также и Акад. Наук (см. протокол заседания Физико-математич. отделения от 25 XI 1933).

К новому факту о возможности и даже широком распространении явления на песчаном грунте изредка даже на илистом, добавился еще новый факт, который мог быть выявлен также лишь благодаря применению географо-гидрологического метода. Оказалось возможным осветить вопрос о сроке, когда первое появление льда на подводных предметах наиболее вероятно. Статистика случаев с регистрацией срока обнаружения впервые подводного льда показала, что последний чаще всего обнаруживался в 1-й день ледохода, а затем с каждым следующим днем вероятность его все более и более падала, как показывает ниспадающая часть кривой (см. фиг. 1). Левая часть кривой показывает, что лед на дне и подводных предметах образовывался не только во время ледохода, но также и в период, предшествующий началу ледохода на 1—2 и даже несколько дней (констатировано в 56 случаях).

Нередко рыбаки еще до появления первых признаков льда в реке (на поверхности) обнаруживали, что их снасти (верши, сети и морды) оказывались уже покрытыми сплошь рыхлым льдом. Это показывает, что переохлаждение воды в реке может произойти раньше начала ледохода, притом даже за несколько дней раньше.

Этот факт бросает яркий свет на третью из старинных догадок о причине донного льда, как занесенного с поверхности воды. Гей-Люссак считал невозможным образование льда на дне; то же самое утверждал спустя 70 лет инж. М. В. Лоджин, последователи которого в наши дни снова пытаются отстаивать точку зрения



Фиг. 2. Лед на дне р. Бин (исток р. Оби), видимый сквозь толщу воды.

заноса льда с поверхности. Установленный выше факт кладет, наконец, предел неправильной интерпретации явления, исходящей из неверной предпосылки о невозможности будто бы кристаллизации внутри воды.

Никто не сомневается, что все жидкости кристаллизуются внутри среды, а для воды сторонники Гей-Люссака почему-то не допускают даже возможности кристаллизации внутри среды и настаивают на заносе льда с поверхности. Гей-Люссак, исходя из предположения, что вода в реке не может быть переохлаждена, сделал логически правильный вывод. Однако, исходная предпосылка его оказалась неверной — вода в реке во всей толще бывает переохлажденной, а, следовательно, логически рассуждая, и вывод нужно делать иной: кристаллизация внутри воды и на подводных предметах не только возможна, но и неизбежна (при благоприятных условиях). Странно было бы сомневаться в такой возможности.

Во всяком случае, факт констатации льда на дне в период, когда никаких признаков его не было на поверхности, делает необоснованной гипотезу заноса льда с поверхности.

Все эти обстоятельства имеют существенное значение для правильного прогноза явления, а также и для того, чтобы неожиданная закупорка гидростанции или водопровода не застала врасплох обслуживающий эти установки персонал, как это имело место в 1928 г., когда Волховская ГЭС неожиданно оказалась закупоренной в самом начале ледохода (фаза появления сала). Борьба возможна при условии правильного прогноза, который в свою очередь возможен при условии правильного понимания генезиса явления, о чем подробнее было изложено в № 7 „Природы“ за 1933 г.

Знание генезиса явления и условий его образования дает возможность заранее предвидеть,

на каких реках это явление должно чаще наблюдаться, на каких реке или вовсе отсутствовать; какие участки реки подвержены особенно сильному образованию подводного льда (временному или длительному — в течение всей зимы); чем отличаются реки северных широт от рек южных широт, с другой стороны реки равнинные от рек горных, какое значение имеют в зимнем режиме пороги реки и незамерзающие участки (полюньи); что нужно знать в первую очередь для того, чтобы составить хотя бы ориентировочное представление об очагах донного льда и шуги.

Не входя за ограниченностью места в детальное рассмотрение вопроса, можно на основании ранее развитых представлений предвидеть, что быстрые реки будут шугоносны (независимо от материала ложа); что равнинные реки с ровным и медленным течением не будут обладать этим свойством, быстроточные же участки этих последних (пороги, перекаты) будут шугоносны и притом все время, пока они не закроются ледяным покровом; что горные реки, как правило, вообще шугоносны (за исключением таких, которые имеют особые причины для того, чтобы не быть шугоносными); что южные реки в условиях неустойчивой зимы должны отличаться более длительной шугоносностью и т. д. Я не останавливаюсь на перечислении всех признаков, по которым можно было бы заранее делать то или иное заключение о шугообразовательных свойствах той или иной реки (фиг. 2).

Среди таких признаков один особенно существенен — это уклон речного ложа, обуславливающий собой скорость течения. Имея продольный профиль реки, можно заранее предвидеть географическое распределение очагов донного льда.

Анализ анкет подтвердил правильность многих из выявленных ранее зависимостей и, в частности, роли полюньей, как неивменных очагов донного льда. Из рек более всего подверженными

шугообразованию оказались горные реки, на которых это явление представляется обычным, происходит ежегодно и притом в течение всей зимы, с перерывами в течение оттепелей. Чаще всего это явление наблюдается в самом начале ледохода, может иметь место также и до начала последнего и прекращается после того, как река покрывается сплошным ледяным покровом.

Из рек, выдающихся по своей шугоносности, можно отметить следующие: Ангара, Енисей, Обь, Нива, Умба, Выг, Чирчик, Сыр-дарья, Селенга и много других, не освещенных еще изучением.

Анкета выявила, какую отрицательную роль играют ледовые явления, чиня помехи гидростанциям, водопроводам, водному транспорту, лесосплаву, рыбному делу, ирригации и сельскому хозяйству. Это обстоятельство заставляет обратить сугубое внимание на фактор льда, который раньше был в полном пренебрежении, и образовавшийся вследствие этого пробел сейчас сильно затрудняет надлежащий учет этого фактора. Тем острее ощущается потребность возможно скорее заполнить пробел, чему будет способствовать географо-гидрологический метод изучения различных областей Союза.

В виду успеха проведенной анкеты, ГГИ намерен повторить анкету в более широком масштабе в 1934—1935 г.

Анализ анкетных данных показывает, что явление донного льда имеет весьма широкое географическое распространение как на Европейской, так и на Азиатской частях Союза.

Проф. В. Я. Альтберг.

### Метеорология

**Тени при пасмурном небе.** Есть явления, которые, не поражая наших анализаторов своею величием, не приковывая взоров чарующим видом, тем не менее заслуживают быть отмеченными.

Явление, название которого поставлено в заголовке настоящей заметки, наблюдалось прошлой зимой, в январе.

Благодаря гололедице, которая в эту зиму повторялась чаще обычного,<sup>1</sup> поверхность снега покрылась всплошную слоем прозрачного льда; с деревьев свисала обмерзлая прозрачатая изморозь — сосульки, по которым стекали, замерзая, капельки дождя,

Пасмурно, с легкой мутью тумана.

Несмотря на это, гладкая, словно отполированная, поверхность ледяной корки, освещенная снизу белизною недавно выпавшего снега, экранировала, как плоское зеркало. „Экран“ этот во многих местах пересекается длинными полосами — отражение стволов деревьев, заборных столбов и др. предметов. Получалась иллюзия теней при пасмурном небе.

Отражения заборных столбов выступали особенно заметно, вытягиваясь длинными полосами по направлению к югу (к наблюдателю в данном случае), что еще более усиливало своеобразие

явления: тени мы привыкли видеть с противоположной — северной стороны.<sup>1</sup>

Явления, подобные описанному, довольно редки и принадлежат к порядку отражения лучей от зеркальных поверхностей — светлых от более темного зеркала (напр., лучей солнца, луны на поверхности воды) или, наоборот, более темных, чем отражающая поверхность — отражение разных предметов в спокойном зеркале воды.

При ясном небе данное явление не имело бы места: отражающая поверхность снега превратилась бы в светорассеивающую, „смывая“ отражение темных предметов.

П. И. Пащенко.

### БИОЛОГИЯ

#### Палеоботаника

**К филогении саговникообразных.** Вышедшая недавно работа шведского палеоботаника Р. Флорина<sup>2</sup> проливает много света на ископаемые цикадофиты, систематика которых находится в довольно неясном положении. Более или менее намечаются среди них две главные группы или класса — саговниковых и беннеттитов, кроме некоторых родов, как *Nilssonia* или *Podozamites*, которые могут стоять еще более обособленно. Исследование Флорином ряда родов и видов саговникообразных произведено stomatологическим методом, т. е. путем изучения строения устьиц, которые, по его данным, являются более просто устроенными у саговников (гаплохейлическими) и сложными у более поздней группы беннеттитов (синдетохейлическими), отличаясь происхождением замыкающих клеток или непосредственно из материнской кожицы клетки или из продуктов ее предварительного деления. Вывод Флорина довольно неожидан: многие древнейшие цикадофиты ближе примыкают к саговниковым, чем к беннеттитам, как, например, роды: *Palaeocycas* — *Bujuvia* с листьями *Macrotaeniopteris gigantea*, *Pseudopterophyllum* (*Pterophyllum cizniforme*), *Doratophyllum*, *Almargeimia* (*Zamiae*?), *Ctenis*, тогда как род *Pseudocycas* является настоящим беннеттитом. Замечательно, что палеозойские виды некоторых родов, более известных в мезозое, имели ближе отношения к *Cycadales*, чем их потомки, которые являются типичными *Bennettiales* (*Taeniopteris*, *Pterophyllum*). Целый ряд мегаспорофиллов *Cycadophyta* следует таким образом признать действительно относящимися к настоящим саговникам, по своей филогении более древним, чем специализованная и сравнительно быстро вымершая группа беннеттитов. Работа Флорина отвергает выдвигавшееся некоторыми авторами отнесение части саговникоподобных растений (*Ctenis*) мезозоя к птеридоспермам.

А. Кристофович.

<sup>1</sup> Заметим, что с южной стороны и при рассеянном свете, все же более светлой вследствие низкого солнца, отражение получалось более эффектным.

<sup>2</sup> R. Florin. Studien über die Cycadales Mesozoikums. Kungl. Vetensk. Akad. Handlingar, III serien, Band 12, № 5, 1933, pp. 1—134, 16 Taf. und 40 Textfig.



## Зоология

**Китайский эстуарный краб в европейских водах.** Недавно особой книжкой *Zoologischer Anzeiger* вышла интересная, обемистая и весьма обстоятельная монография двух гамбургских зоологов N. Peters'a и A. Panning'a,<sup>1</sup> посвященная китайскому эстуарному крабу, за последние 20 лет заселившему эстуарии рек Центральной Европы и проникающему, как в прилегающие более или менее опресненные районы Северного и Балтийского морей, так и вверх по течению рек вглубь Европейского материка. Интенсивно размножаясь, будучи отнюдь небезразличным в хозяйственном отношении объектом, этот завезенный с Дальнего Востока краб вполне заслужил подобного внимания.

Биогеография как водных, так и сухопутных организмов знает целый ряд связанных с человеком случаев расширения ареалов обитания или возникновения новых ареалов, разобщенных от прежних.

Не говоря о сознательном пополнении фауны и флоры в процессе хозяйственной деятельности человеческого общества, упомянем здесь о таких явлениях, как занос человеком в пресные водоемы Евразии американского водяного растения — элодеи в конце прошлого столетия, или о связанном опять-таки с транспортной деятельностью человека расширении ареала двусторчатого моллюска — дрейссены, ныне, кстати сказать, вытесняемой из коренного своего местообитания — Каспия другим двусторчатым моллюском — митластером, повидимому<sup>2</sup> занесенным в Каспий человеком. В ряду этих случаев особо интересен именно процесс заселения китайским крабом вод Центральной Европы, поскольку, исходя в густо населенных, культурных и хорошо изученных районах, он мог быть детально исследован с самого начала. В связи же с тем, что проблемы активной мелиорации свободно живущей, не только пресноводной, но и морской фауны все чаще ставятся рыбным хозяйством, следует внимательно изучать подобные явления „случайной акклиматизации“, чтобы уверенней, безошибочней, проще осуществлять сознательную акклиматизацию хозяйственно нужных для той или иной акватории объектов, имея при этом ясное представление о мощущих произойти изменениях всей картины жизни, всего, „биологического баланса“ района, подвергшегося акклиматизационным мероприятиям.

Как известно, опыты по переносу нашего дальневосточного промыслового краба (*Paralithodes camtschatica*) или кеты в наши северные воды стоят в порядке дня.

Все это заставляет, повторяем, особенно внимательно присмотреться к упомянутой монографии, содержание которой весьма кратко изложено ниже.

Краб — *Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards принадлежит к группе семейств „четыреуголь-

ных“ крабов, а именно к семейству *Grapsidae* и подсемейству *Varuninae*. Близкий его родич — *Eriocheir japonicus* De Haan обитает и на советском Дальнем Востоке. Автор настоящей заметки много раз наблюдал полчища *E. japonicus* в эстуарных водах советского берега Японского моря.

Вся группа „четыреугольных крабов“ целиком тепловодна и чужда фауне Северного и Балтийского морей; таким образом *E. sinensis* явился в ней совершенно чуждым и безродным пришельцем.

Ближайшее нахождение *Grapsidae* (другие роды и виды) имеем только в югозападной Англии и на западной стороне Ламанша. Сам же род *Eriocheir* является чисто дальневосточным. В Центральной Европе *E. sinensis*, кроме того, явился и единственным пресноводным крабом. О биологии *E. sinensis* в китайских водах (он населяет северо-китайские воды, а *E. japonicus* японские и южно-китайские) почти ничего неизвестно. *E. japonicus* же не только заходит далеко вверх по рекам, но и нередко выходит на сушу.

Детальное морфологическое и анатомическое описание, сделанное авторами, весьма интересно, но не может быть изложено здесь. Укажем только на размеры взрослых крабов, достигающие до 75 мм длины при 88 мм ширины (щит), и на особенность, давшую повод к их немецкому („Wollhandkrabbe“) и латинскому („*Eriocheir*“) названию, а именно на сильную и густую волосатость клешней (у самок волос меньше).

В экологической части монографии детально разбирается вопрос о том, как *Eriocheir* попал в европейские воды. В то время, как многие мелкие крабы могут попадать в Европу из самых разнообразных мест земного шара в обрастающих днища кораблей, иногда укрываясь даже в пустых домиках морских желудей-баланид, которыми поросли днища, сухопутные крабы, вроде *Sesarma* завозятся иногда в трюмах вместе с грузом. Все эти находения (приводимые авторами по литературе) тем не менее единичны и не вели никогда к акклиматизации заносимых таким образом ракообразных. По отношению же к данному виду, ныне весьма заметному компоненту фауны, тяготеющих к Северному и Балтийскому морям пресных и солоноватых вод, авторы полагают, что он был первоначально завезен в водяных балластных цистернах торговых судов восточно-азиатских линий.

Интересно, что в декабре 1932 г., при ремонте одного судна, в его цистернах, имевших диаметр отверстий в решетках вентиляей только в 15 мм, были найдены 2 больших *E. sinensis*, которые могли туда попасть несомненно только молодыми (будучи не крупнее 15 мм).

Приложен интереснейший, иллюстрированный картой список нахождения по годам и районам, начинающийся в 1912 г. нахождением в реке Аллер (притоке Везера) одного экземпляра и заканчивающийся массовыми находениями взрослых экземпляров и молоди, как в прибрежных водах Северного и Балтийского морей, так и в бассейнах Рейна, Эмса, Везера, Эльбы (до Праги включительно), Одера. Словом, экспансия этого краба столь велика, что разве только суровый зимний режим Финского залива остановит его распространение на северо-восток; в Дании

<sup>1</sup> Ergänzungsband zu Bd. 104, 1933. Die Chinesische Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards), pp. VIII + 180.

<sup>2</sup> Есть, впрочем, предположение, что митластер проник в Каспий до его полной изоляции от Черного моря. Вопрос еще спорный.

и Кенигсберге и Мазурских болотах краб с 1932 г. уже найден.

Зимуют взрослые крабы в море или в эстуариях, а молодые в реках.<sup>1</sup> Вообще же степень их эврибионтности весьма велика, поскольку они живут и в море и в олиготрофных эвтрофных и даже дистрофных (туминовых) или весьма загрязненных (сапробных) водах, каковы воды гаваней, в роде Гамбургской.

В отношении питания эти крабы нетребовательны, поедая все, от ослабевших или мертвых рыб до червей, моллюсков и линяющих экземпляров собственного вида. Едят они и водные растения (потомогетон, элодею, ряску или нитчатые водоросли) и наживку удильщика (хлеб, сыр); последнее обстоятельство отравляет в последние годы жизнь удильщиков Центральной Европы. Раковины моллюсков они раздавливают клешнями. Рыба в сетях также не избегает внимания крабов, изрядно повреждающих при этом сети. Свободно плавающей рыбы крабы, повидимому, не трогают.

Способностью плавать обладают только молодые крабы (до 25 мм).

Из рефлексов интересны „рефлекс обмирания“ („мнимой смерти“) и обычный для многих видов крабов „рефлекс угрозы“, когда они становятся на задние лапы, вздымая кверху растопыренные клешни и потрясая ими.

Привычка многих крабов жить в норах, устраиваемых ими на литорали водоемов (т. е. в амфибиотической, то заливаемой водой, то осушаемой зоне), имеет место и у *E. sinensis*. Миниатюрный крабик *Heterograpsus Lucasii* устраивает (по наблюдениям автора заметки) такие норы во множестве в глинистых берегах пролива, соединяющего Азовское море с Сивашом; даже там это имеет заметные гидротехнические последствия в виде усиления размыва таких берегов, связанного с увеличением коэффициента шероховатости и уменьшением прочности. Можно себе представить, какие беды могут наделать массовые поселения *E. sinensis*, гораздо более крупных, чем *H. Lucasii*, да еще в условиях интенсивно хозяйственно используемых водоемов. Интересна та экологическая деталь, что все норы в продольном разрезе идут вкось и книзу, обеспечивая крабам на некоторое время сохранение воды в норе при падении уровня ниже входа в нору, что особенно важно в устьевых частях рек,

подверженных приливо-отливам. На помещенных авторами фотографиях видны буквально изрешетенные норами берега. Много мелких *E. sinensis* очевидно и зимует в этих норах, в то время как крупные зимуют на дне.

Миграции *E. sinensis* вниз по реке (в виде пассивно плавающей планктонной личинки-мегагопы) или вверх по реке (активно, взрослые) изучены также довольно подробно. Активно мигрируют вверх по реке только взрослые крабы (от 40 мм), причем в немногие осенне-зимние месяцы и, главным образом, по стрежню, а не по краям потока. Самцы мигрируют, видимо, дальше вверх, чем самки. В море закономерных миграций не обнаружено.

Темп роста, процессы линьки и продолжительность жизни также были изучены. Последняя определяется в среднем в 4—5 лет, для очень крупных может быть в 10 лет.

Период размножения растянут; самки носят икру около 5 месяцев; главный же выход молодежи имеет место с апреля по июнь. Самцы массами подстерегают спускающихся вниз по течению реки самок. Карта массовых находжений парочек крабов и самок, несущих икру в низовьях Эльбы, ясно показывает, что самки, после оплодотворения идут к морю. Число яиц у одной самки доходит почти до миллиона, обычно же около 400 тысяч.

Отсюда можно сделать вывод, что, несмотря на огромный процент гибели молодежи, процветание крабов с этой стороны вполне обеспечено.

Особая глава посвящена хозяйственному значению крабов, как конкурентов промысловых рыб в отношении питания, как вредителей сетей и наживок (не только спортивных, но и промысловых), пожирателей уловов, как механически повреждающих рыбу при большом их одновременно с рыбой залове и т. д. Детальный анализ этого, наряду с анализом возможного и существующего использования *E. sinensis*, приводит к выводу, что, хотя *E. sinensis* обладает довольно высокими пищевыми достоинствами (анализы приведены в работе), но, пока его потребление в пищу людьми и, в виде кормовой муки, скотом, не приняло больших размеров, *E. sinensis* должен быть признан безусловно хозяйственно вредным организмом. Подробнейшее описание всех затруднений, причиняемых крабами спортивному и промысловому рыболовству, как непосредственно, при производстве лова, так и путем уничтожения кормовой базы промысловых рыб, воспринимается, как обвинительный акт.

Особая добавочная глава, написанная проф. Schnackenbeck'ом, посвящена личинкам и первым донным стадиям.

В заключение можно сказать только, что выпуск такого рода детальных, всесторонних и тщательно проработанных монографий для наших промысловых (в первую очередь) организмов был бы весьма важен. На примере данной, изолированно вышедшей, но прекрасно проработанной монографии на несlišком, притом, актуальную тему, следует учиться всесторонности и глубине анализа.

Н. И. Тарасов.

<sup>1</sup> Новейшая сводка по пресноводным десятиногим ракам СССР уже отмечает вероятность проникновения в будущем этого краба и в нзши балтийские воды (см. Я. А. Бирштейн и Л. Г. Виногоград. Пресноводные Декапода СССР и их географическое распространение. Зоологич. журнал, т. XIII, М., 1934, вып. 1, стр. 39—70). В одной из последних книжек Zoologischer Anzeiger (В. 106, Н. 7—8, 15—IV, 1934) помещена заметка польского зоолога W. I. Kulmatuski, дополняющая работу Peters'a и Panning'a данными по Одеру, Данцигу и Висле. В Висле краб найден уже в 260 км вверх от устья (Влоцлавск). Если краб оттуда проникнет в Западный Буг, то через Днепровско-Бугский канал он может легко пройти и в бассейн Днепра и, таким образом, появиться в бассейне Черного моря.

## Палеозоология

**По поводу „смешанных“ ископаемых фаун.** В № 5 „Природы“ за 1934 г. напечатано сообщение И. Г. Пидопличка — „Нахождение «смешанной» — тундровой и степной — фауны в четвертичных отложениях Новгород-Северска“. Сущность вопроса сводится к следующему: в Новгород-Северске, при раскопках песчаникового карьера, найдены остатки животных, которые, по нашим современным представлениям, принадлежат к двум различным фаунам: тундровой и степной. Мамонт, носорог, лемминг и северный олень — с одной стороны, байбак и тушканчик — с другой. Спрашивается, как примирить их совместное нахождение, если учесть, что условия залегания костей заставляют отвергнуть возможность хронологической последовательности (смены фауны тундровой фауной степной, или наоборот) и вертикальной зональности? Чтобы был ясен смысл такого вопроса, напомним, что обычно организмам приписывается экологическая консервативность в той мере, в какой она свойственна их морфологии. Иными словами, постулируется определенная связь между строением тела и экологией. Отсюда, находя ископаемые остатки животного, близкие родичи которых ныне живут в степи, — заключают, что в период отложения остатков здесь была степь. То же в отношении тундры, леса и т. д. „Как дикие, так и домашние животные являются консервативными, как в отношении своих морфологических признаков, так и в отношении своего поведения, физиологии, экологичности“, — говорилось в 1932 г. на Конференции по эволюции домашних животных.

С этой точки зрения совместное нахождение остатков животных различных экологических типов — есть противоречие. Поэтому, натакаиваясь в практике на остатки „смешанных“ фаун, исследователи упорно ищут возможности объяснить подобные факты (а они — не исключение в палеонтологии, но правило) действием внешних причин, соединивших остатки животных уже после их гибели. Так, например, венский палеобиолог Отенио Абель, реконструируя условия жизни миоценовой фауны, сохранившейся около Пикерми в Греции (Аттика), объяснял „смешанный“ характер костяных остатков тем, что различные животные, спасаясь от грандиозного пожара, в панике и беспорядке срывались с высокого скалистого обрыва и у подножия его находили себе могилу (O. Abel. Lebensbilder aus der Tierwelt der Vorzeit, 1922).

Американский зоолог проф. В. М. Видер (W. M. Wheeler), изучая фауну муравьев нижнего олигоцена (янтарь Прибалтики), также столкнулся с ее смешанным характером, пытается объяснить последний хронологическим чередованием и вертикальной зональностью. Впрочем, в правильности такого объяснения он сам сомневался. Эта фауна сохранилась не разрозненными фрагментами: изучено было более 11 000 экземпляров, нередко прекрасной сохранности, позволявшей знакомиться с тончайшими деталями морфологии. Встречались куски янтара, где одновременно оказались заключены представители фаун: бореальной и тропической. Сомневаться в их одновременном существовании нельзя.

Что еще более поразительно: наряду с преобладающими лесными видами оказалось несколько экземпляров вида до деталей сходного с одним из типичных муравьев современной пустыни (*Formica constricta* — *Cataglyphis bicolor*). (W. M. Wheeler. Ants of the Baltic amber, 1914)

Можно говорить, что фауны четвертичные, с одной стороны, третичные и более древние, с другой, — нельзя ставить на одну доску. Чем далее вглубь геологической истории, — тем менее сходство животных с современными, тем более отлична их экология. Если для третичных фаун „смешанность“ мыслима и понятна, то для четвертичных она может показаться парадоксом, так как в состав последних входят виды крайне близкие, если не идентичные современным.

Однако эта оговорка дела не меняет она лишь показывает, что „смешанность“ фаун может проявляться весьма различно. Если в олигоцене Прибалтики мы имеем смешение форм современного севера с формами субтропиков, жителей влажного леса с формами пустыни, — то в миоцене (Пикерми) мы имеем африканско-средиземноморскую в основе степную фауну, — а в четвертичном периоде (Средняя и Северная Европа) уже только фауну умеренной Евразии, — правда экологически, как думают, неоднородную. Чем дальше в прошлое, тем сильнее „смешение“.

Чем же объяснить „смешанность“ четвертичной фауны? И. Г. Пидопличка ответа не дает, ссылаясь на „необходимость дальнейшего исследования“. Ответ очень прост, если подвергнуть сомнению постулат экологического консерватизма. Современная экология может быть отлична от экологии даже недавнего прошлого. Животные, прежде жившие бок о бок, могли в дальнейшем разойтись в связи с экологической специализацией. Это подтверждается существованием „смешанных“ фаун сейчас. Вспомним фаун Уссурийского края и Манчжурии, где тигр встречается с соболем и северным оленем. С точки зрения Европы такая фауна есть парадокс. Это подтверждается широкой экологической амплитудой многих животных. Верблюд считается животным пустыни, но в годы революции и нэпа он доходил до Казани и Алданских приисков, обнаруживая большую приспособляемость к внешним условиям. Тигр, правда в разных формах, живет от тропиков Индии до прохладно-умеренной Усури. Лошадь распространена почти по всему земному шару. Подобных фактов — множество.

Не только широкая экологическая амплитуда позволяет животным распределяться по разным местообитаниям. К тому же ведет эволюция форм, изменение конституции вида, в том числе и его экологической приуроченности.

При широкой экологической амплитуде по ископаемым остаткам выводы о характере физико-географических условий прошлого следует делать с большой осторожностью.

Виды, связываемые нами по аналогии с современностью с тундрой или степью, могли образовывать единую фауну, жившую или в степи, или в тундре, или в каком-либо ином местообитании. Расчленение прежней смешанной фауны на современные фауны тундры и степи есть явление позднейшее. „Смешанная“ фауна Уссурийского края переживает более раннюю стадию развития, нежели фауна Средней Европы. В разных частях

земли процессы „кристаллизации“ фаунистических комплексов идут по-своему, с различными темпами, и на данный момент достигли различных уровней. Общеизвестно, что наиболее прогрессивна фауна умеренных частей Евразии и Америки, более архаична — фауна Африки, наиболее примитивна — фауна Австралии. То, что в резкой форме свойственно материкам, в иных, менее четких проявлениях присуще меньшим участкам суши. Хвойные леса Восточной Европы моложе, а, следовательно, прогрессивнее степи и т. д.

Детальный анализ видовых и родовых групп может дать картину перехода из одной экологической обстановки в другую. Единая генетическая основа муравьев из родов *Formica*, *Proformica*, *Cataglyphis* имеет наиболее примитивных представителей в степи, давая отсюда ветви, с одной стороны, в леса (вплоть до резко специализированного лесного *Formica* — рыжего лесного муравья, строящего всем известные конические кучи), с другой — в пустыню (род *Cataglyphis*). Крайние формы соединены цепью переходов настолько постепенных, что границы родов условны. Моллюски рода *Helix* имеют своих представителей в во влажных районах, и в сухих (*Helix derbenthina* в Средней Азии, Прикаспийском крае и сопредельных областях).

Эволюцию нельзя мыслить без смены экологической обстановки. Вопрос в том, сопровождается ли последняя адекватными морфологическими изменениями организма, или они необязательны. Опыт убеждает в правильности последнего. „Смешанные“ фауны в этом отношении очень поучительны. Нельзя себе представить тундру и степь, лес и пустыню в одном месте. Могло быть ил то, или другое, или что-либо третье. Что именно — вопрос особый. И. Г. Пидопличка допускает, что степной тушканчик мог существовать бок о бок с тундровыми животными, „при наличии сравнительно теплого, хотя и короткого лета“, проводя остальную часть года в спячке. Нечто подобное мы имеем в современной фауне пустынь в лице форм, живущих активно только в короткий период развития эфемерных трав (желтый суслик *Cynomys fulvus* и др.), когда черты пустыни сильно сглажены относительной прохладой и повышенной влажностью.

„Смешанные“ фауны прошлого — это лишь менее дифференцированные предшественники современных, более специализированных фаунистических комплексов. „Смешанность“ современной фауны Уссурийского края — результат длительного развития в обстановке, не подвергавшейся резким изменениям. Лесная фауна Европы, сложившись уже после четвертичного оледенения, более однородна, так как в состав ее могли войти лишь формы более активные в смысле способности к завоеванию новых территорий.

В своих более ранних работах (Эволюция органического комплекса. Естествознание и Марксизм, 1929, № 3; К вопросу о факторах эволюции фаунистических комплексов. Доклады Академии Наук, 1931 и др.) я делаю вывод, что для эволюции фаун изменения самих организмов, как и изменения среды, образуют лишь фон, на котором уже биологическое взаимодействие раз-  
вертывает узоры реального географического

и экологического распространения. Понять распространение организмов, минуя момент биологического взаимодействия, невозможно. Попытки решать биологические вопросы ссылкой на действие климата (например, возникновение аналоциклики у глей под давлением ледниковой эпохи в трактровке А. К. Мордвилко) не всегда убедительны, так как они по существу игнорируют жизнь, как особое качество. Это верно, что климат влияет на организмы, но влияние климата преломляется в реакции на него со стороны самих организмов и, поскольку норма реакции, в зависимости от состояния организма будет различной, — прямое соответствие биологических и физико-географических явлений, их адекватность исключается как правило, сохраняясь для частных случаев в качестве исключения.

Ископаемые фауны не „смешаны“ — а менее дифференцированы. Они характеризуют собой пройденные этапы эволюции фаунистических комплексов, той эволюции, где решающим моментом является не механическое давление внешней среды, а сам организм, его жизнедеятельность и его взаимодействия с другими организмами.

Н. Кузнецов-Угамский.

#### Физиология

**Влияние тяжелой воды на живые существа.** Согласно наблюдениям Lewis концентрированная дейтериевая или так называемая тяжелая вода оказывает вредное влияние на прорастающие семена; Taylor, Eyring и Frost показали, что эта вода является ядовитой для живого вещества. E. N. Harvey произвел исследование влияния тяжелой воды на различные организмы. Имея в виду, что многие живые существа крайне чувствительны к минимальным загрязнениям, могущим встречаться в природной или лабораторной водах, Harvey прежде всего исключил этот фактор, производя весьма тщательную очистку испытуемой им воды от случайных примесей. При электролитическом добытии тяжелой воды образуются кислород и водород, которые, влияя на органические примеси, могут повести к происхождению альдегидов. Такая вода убивает парамеции одинаково как при концентрации в 0.2%, так при концентрации в 97% дейтериевой воды. После перегонки со щелочью и перманганатом 0.2% вода оказывается безвредной, а 97% — убивает инфузорий в течение 6 или 15 часов. 0.2% вода, полученная путем синтеза из водорода и кислорода, после указанной выше перегонки не ядовита для *Euglena*, *Amoeba*, *Epistylis*, светящихся бактерий и для иных мелких организмов.

97% вода не влияет на интенсивность свечения ципридин. Суспензия светящихся пресноводных бактерий *Vibrio phosphorescens* не погибает при нахождении в 85% воде в течение 24 часов, но морские, привычные к соли светящиеся бактерии страдают от влияния тяжелой воды, при концентрации ее в 85% и даже в 63%; при 36% тяжелая вода не обнаруживает резкого действия.

Опыты в висячей капле с 85—90% тяжелой водой подтвердили данные Taylor'a; парамедии в присутствии тяжелой воды погибали менее чем в 24 часа, тогда как контрольные в дистиллированной воде жили более 5 дней.

*Amoeba dubia* и две коловатки *Monostyla bulba* и *Philodina roseola* в тяжелой воде погибали в течение от 6 до 20 часов. То же было найдено для *Epistylis*. Будучи посажена в 97% тяжелую воду, *Euglena gracilis* оставалась неподвижной в течение девяти дней; после перенесения в дистиллированную воду *Euglena* ожила и повела себя совершенно нормально.

Taylor и Расе наблюдали, что тяжелая вода замедляет действие каталазы печени на перекись водорода; это может повести к накоплению перекиси водорода в листьях как последствие респирации или фотосинтеза. Интерес представляет выяснить, является ли тяжелая вода ядовитой для анаэробов, не заключающих в себе каталазы; и затем, как влияет тяжелая вода на аэробы в отсутствии кислорода; и, наконец, как ведут себя зеленые организмы, подобные *Euglena* в присутствии тяжелой воды при наличии света и в темноте.

*Euglena proxima* или *Euglena gracilis* в 85—90% тяжелой воде на свете и в темноте обнаруживают различное поведение, т. е. либо сохраняют подвижность, либо ее утрачивают, что можно приписать влиянию перекиси водорода, образующейся при фотосинтезе. В темноте *Euglena* более активна, тогда как при инсоляции она свертывается в неподвижный комок.

Парамедии погибают при накоплении  $H_2O_2$  в тяжелой воде, и собственно ответственной при-

чиной гибели организма является не самая тяжелая вода, а образующаяся в ней перекись водорода.

### Литература

- Newton Harvey E. Biological effects of Heavy Water. The Biological Bulletin, 66, № 2, 91 (1934).  
 Lewis G. N. The Biochemistry of water containing Hydrogen Isotope. Journ. Amer. Chem. Soc., 55, 3503 (1933).  
 Lewis G. N. The Biology of Heavy Water. Science, 79, 151 (1934).  
 Taylor H. S., Swingle W. W., Eyring H. и Frost A. A. The Effect of Water Containing the Isotope of Hydrogen upon Fresh Water Organisms. Journ. Chem. Phys., 1, 751 (1933).

\*

**Тяжелая вода в молоке.** Н. Erlenmeyer и Н. Garbner<sup>1</sup> при исследовании воды, выделенной из коровьего молока, нашли, что эта вода не отличается от обычной природной воды по содержанию в ней тяжелой воды. Из природной воды было выделено при электролизе со свинцовыми электродами из 8 л 20 куб. см тяжелой воды уд. веса 1.000 870; а из 8 л молочной воды получено тем же путем 20 куб. см тяжелой воды уд. веса 1.000 872. Таким образом, биологическая фильтрация воды при секретиции молока из организма не влечет за собой каких-либо изменений в соотношении между легкой и тяжелой водой.

Проф. В. Садиков.

<sup>1</sup> Helvetica Chemica Acta, 17, 30, 334 (1934).

# НАУЧНЫЕ СЪЕЗДЫ И КОНФЕРЕНЦИИ

**Третья Всесоюзная конференция по полупроводникам.** С 27 мая по 2 июня в Одессе состоялась III Всесоюзная конференция по полупроводникам. В конференции участвовали представители 15 научно-исследовательских институтов и лабораторий. Было заслушано около 40 докладов.

Акад. А. Ф. Иоффе, открывший конференцию, отметил в своем вступительном слове, что полупроводники, которым посвящена конференция, представляют новый класс тел, по свойствам лежащих между проводниками и изоляторами. Они плохо проводят и плохо изолируют. Однако, хотя полупроводники занимают промежуточное место, они должны являться центральной проблемой изучения твердого тела. Важность этой проблемы заключается в том, что многие свойства полупроводников возможно менять в широких пределах. Например, достаточно ничтожных примесей в десятые доли процента для изменения электропроводности в сотни и тысячи раз. Если

учесть еще влияние температуры на проводимость, то из одного и того же полупроводника можно получить образцы самых различных проводимостей — от плохих металлов до изоляторов.

Другое важное свойство полупроводников — способность их изменять проводимость под влиянием света. При этом одни из них увеличивают ее на проценты, другие в десятки и сотни раз и некоторые — в миллионы раз. Полупроводники важны и в техническом отношении. Купроксидные и селеновые выпрямители и фотоэлементы, термоэлементы с максимальными электродвижущими силами начинают все более и более входить в технику.

В работах конференции были затронуты пять основных вопросов: 1) внешний фотоэффект с металлов, полупроводников и изоляторов, 2) темновая и световая проводимость полупроводников; 3) кристаллический фотоэффект, 4) внутренний фотоэффект в диэлектриках, и 5) вентильный фотоэффект и выпрямление.

1. По внешнему фотоэффекту были заслушаны доклады П. И. Лукирского и его сотрудников.

Развивая и углубляя представления Айвса о внешнем фотоэффекте, П. И. Лукирскому удалось показать, что для чистых металлов исчезает всякая селективность в явлении внешнего фотоэффекта, если относить фототок на единицу энергии, которая непосредственно тратится на вырывание электронов из металла в вакуум и не учитывать ту часть энергии, которая поглощается в металле без вырывания электронов в вакуум. При таком пересчете фотоэлектрическая отдача непрерывно увеличивается с уменьшением длины световой волны.

2. В двух докладах Я. И. Френкеля была разработана квантово-механическая модель полупроводников, основным пунктом которой является то, что проводимость полупроводников объясняется не только перемещением электронов, но и движением так называемых „дырок“ (их не следует смешивать с „дырками“ Дирака), возникающих при удалении электронов с уровней заполненной полосы. Эти „дырки“, обладая положительным зарядом и заполняясь электронами от соседних атомов, перемещаются в электрическом поле в сторону противоположную перемещению электронов. Участием „дырок“ в переносе зарядов можно объяснить ряд аномальных явлений, имеющих место в полупроводниках и непонятных в том случае, если допускать перемещение одних электронов. Этим можно объяснить отрицательный эффект Холла и отрицательные термоэлектродвижущие силы, наблюдаемые на некоторых полупроводниках. Отмечена существенная роль примеси для проводимости полупроводников. При этом одни примеси являются источниками электронов, другие захватывают электроны и закрепляют их на себе.

Акад. А. Ф. Иоффе в своем обширном докладе остановился подробно на темновой и световой проводимости полупроводников. Подчеркивая участие в проводимости электронов и „дырок“, А. Ф. Иоффе отмечает, что в одном и том же полупроводнике, в зависимости от температуры, главную роль в переносе зарядов могут играть или электроны, или „дырки“. Для объяснения закономерностей, наблюдаемых при внутреннем фотоэффекте в куприте, приходится допустить, что вырванные светом электроны не остаются в том месте, где они созданы, а рассасываются и по другим местам кристалла. Внутри полупроводника должны существовать какие-то электронные потоки, производящие это перемешивание. Измерением внутреннего фототока и поглощенной энергии в тонких слоях  $\text{Cu}_2\text{O}$  было показано, что обычно наблюдаемое спадание фототока отнесенного на единицу поглощенной энергии) при вступлении в полосу собственного поглощения кристалла, в действительности не имеет места и объясняется неправильным подсчетом поглощенной энергии.

В ряде докладов сотрудников Ленинградского физико-технического института сообщался экспериментальный материал по вопросам о поляризации в  $\text{Cu}_2\text{O}$ , переходных приэлектродных слоях, проводимости селена, термоэлектрических явлениях в  $\text{Cu}_2\text{O}$  и  $\text{V}_2\text{O}_5$  и количественном изучении влияния примесей на проводимость  $\text{Cu}_2\text{O}$  и  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

3. В докладе А. Ф. Иоффе был разобран вопрос о кристаллическом фотоэффекте в куприте (появление электродвижущих сил при освещении). Были изложены основные закономерности, наблюдаемые в этом эффекте. Хотя диффузионная теория дает правильное качественное объяснение, однако для количественных расчетов фотоэлектродвижущих сил эта теория недостаточна. Докладчик высказывает мысль о различии между световыми и темновыми электронами. При этом все время подчеркивается, что состояние кристалла при освещении есть не статистическое равновесие, а динамическое.

В нескольких докладах одесских физиков приводился экспериментальный материал о поглощении в тонких слоях  $\text{Cu}_2\text{O}$ , положительном и отрицательном кристаллическом фотоэффекте и влиянии температуры и дополнительного освещения на кристаллический фотоэффект.

С интересным докладом выступил И. К. Кикин, доживший о новых эффектах, открытых им совместно с М. М. Носковым.

При освещении пластинки закиси меди, помещенной в горизонтальное магнитное поле, между верхним и нижним ее концами наблюдается большая разность потенциалов, достигающая 19,5 вольт. Приведены основные зависимости этих фотомангнитных электродвижущих сил и фототоков от силы магнитного поля и освещенности. Было сообщено также о Холла-эффекте в разомкнутой цепи. Для объяснения этих эффектов приходится привлекать электронные и „дырочные“ токи или же компенсирующиеся электронные потоки, о которых говорил А. Ф. Иоффе в своем докладе.

4. В докладах, посвященных внутреннему фотоэффекту в диэлектриках, главным вопросом являлся вопрос об установлении электронных энергетических уровней в кристаллической решетке. Основной доклад по этому вопросу был сделан П. С. Тартаковским, изложившим схему электронных уровней для каменной соли, построенную им на основании некоторых литературных данных и работ, выполненных в Сибирском физико-техническом институте.

5. По последнему вопросу — о вентильном фотоэффекте и выпрямлении, акад. А. Г. Гольдманом была изложена разработанная им обобщенная теория твердых фотоэлементов и выпрямителей.

В докладе В. П. Жузе сообщалось о твердых фотоэлементах и выпрямителях с искусственно создаваемым запирающим слоем.

*Л. Грошев.*

# ПОТЕРИ НАУКИ

**Академик А. А. Белопольский.** 80 лет жизни, 57 лет научной деятельности, из них 11 лет на Московской обсерватории и 46 лет на Пулковской — такою краткий трудовой список Аристарха Аполлоновича Белопольского, формуляр простой по структуре, но сложный, насыщенный по содержанию.

Скончавшийся 16 мая т. г. академик А. А. Белопольский был крупный ученый, выдающийся астроном, работы которого имели большое научное значение. С его именем связано развитие астрофизики в СССР. Именем Белопольского характеризуется целая эпоха в жизни Главной астрономической обсерватории в Пулкове, богатая новыми, интересными результатами в области исследования природы и строения Солнца и далеких сложных звездных систем. И в то же время А. А. был замечательный человек по своим душевным качествам, необыкновенно скромный, никогда не выставлявший своих успехов на показ, простой в обращении, простой в жизни, чрезвычайно работоспособный, широко образованный, остроумный, доброжелательный, в высшей степени деликатный. А. А. ценил прежде всего дело, ценил человека по его способности работать из интереса к делу, не любил лжи и тщеславного хвастовства, не допускал никаких интриг, многим делал добро, но не разглашал об этом и не требовал благодарности.

Родился А. А. в Москве 1/13 июля 1854 г. Его отец сначала занимал должность воспитателя в гимназии, потом служил главным контролером на Ярославской железной дороге. Мать была прекрасная пианистка — она окончила консерваторию в Гамбурге. По словам А. А. его детство протекало счастливо и интересно. Дети очень любили свою маленькую усадьбу на Гороховом поле и в пределах ее умели организовать разнообразные, полные содержания развлечения. Они копались в саду, плотничали, строили различные инструменты, проиводили опыты по физике и химии, устраивали аквариумы и террариумы. Среди знакомых, посещавших родителей, было много интересных людей, общение с которыми, несомненно, оказало большое влияние на развитие в детях интереса к природе. Интересна одна особенность воспитания в семье Белопольских. Под влиянием своего дяди, доктора медицины, отец заставлял детей спать в комнате с открытыми настежь окнами и летом и зимой. Даже во время болезни окна не закрывались, и сам А. А. перенес тиф в феврале, оставаясь в комнате с открытыми окнами. Лекарств никаких не принимали, ели все, что подсказывала инстинкт.

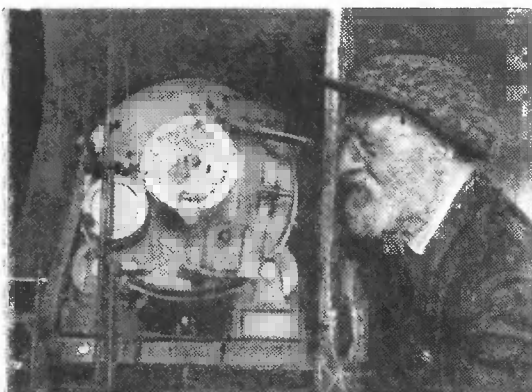
В 1865 г. А. А. поступил во II Московскую гимназию, которую и окончил в 1873 г. Сначала А. А. не думал идти в университет, а хотел работать на заводе. Он поступил в университет, лишь уступая настояниям отца. Но, будучи студен-

том, он все-таки устроился простым рабочим в паровозном депо Ярославской железной дороги.

В годы университетской жизни А. А. попал в интересную среду художников. В именин С. И. Мамонтова, знаменитом „Абрамцеве“, он познакомился с Репиным, Поленовым, бр. Праховыми, артисткой Федотовой и др. А. А. очень любил музыку. В их доме часто собирались музыканты, устраивались трио, квартеты. А. А. посещал также наиболее замечательные концерты, слышал всех знаменитых музыкантов и певцов того времени. В 1877 г. он окончил университет, специализировавшись по астрономии. Случай помог ему найти свое призвание. Однажды проф. Ф. А. Бредихин, нуждавшийся при организации своих астрономических наблюдений в механической помощи, обратился на лекции к слушателям с воззванием. Белопольский, имея некоторые навыки в механическом деле, откликнулся. Он стал посещать астрономическую обсерваторию на Пресне и скоро вошел в ее научную работу. По окончании университета он был оставлен на два года при университете по кафедре астрономии. В 1879 г. занял должность сверхштатного ассистента и оставался на обсерватории до 1888 г., наблюдая на гелиографе, меридианном круге и рефракторе. О времени своего пребывания на Московской обсерватории А. А. всегда вспоминал тепло и восторженно. Во главе обсерватории стоял в то время обаятельный Ф. А. Бредихин, заражавший своим научным энтузиазмом всех сотрудников обсерватории. Старшим товарищем по работе А. А. был астроном-наблюдатель В. К. Цераский. Он передал А. А. свою работу на гелиографе, занявшись сам фотометрией. А. А., продолжая фотографирование солнечных пятен, собрал большой материал, который и использовал в своей работе: „Пятна на Солнце и их движение“. За это исследование А. А. получил от Московского университета в 1887 г. степень магистра астрономии.

В том же 1887 г. 7/19 августа А. А. пришлось наблюдать полное солнечное затмение в Юрьевце Костромской губ. Погода оказалась не вполне благоприятной для наблюдений, тем не менее А. А. удалось получить весьма интересные снимки солнечной короны.

В 1888 г. А. А. перешел в Пулковскую обсерваторию на должность адъюнкт-астронома. Ему предложено было принять участие в наблюдениях на Большом пассажном инструменте, задачей которого является определение абсолютных прямых воскождений фундаментальных звезд. Кроме обработки своих наблюдений А. А. выполнил в это время по собственной инициативе еще одну интересную работу — определение параллакс некоторых звезд из старых рядов наблюдений на Большом пассажном инструменте. Но область астрономии, к которой А. А. более тяго-



Акад. А. А. Белопольский у солнечного спектрографа.

тел, была астрофизика. Поэтому, когда директором Пулковской обсерватории был назначен Ф. А. Бредихин, А. А. охотно согласился на предложение перейти на должность астрофизика. В 1891 г. он был избран Академией Наук на эту должность. Вместе с тем он получил командировку за границу для заказа большого так называемого астрографа. В 1893 г. этот прекрасный инструмент прибыл в Пулково и был установлен Белопольским. Организовав наблюдения на астрографе, А. А. переходит к новой задаче — фотографированию спектров небесных тел. Заказанные им спектрографы различной дисперсии приспособляет он к астрографу, 15-дюймовому и в конце-концов к 30-дюймовому рефрактору, на котором и повел дальше систематические наблюдения, продолжавшиеся 40 лет. С помощью этого могучего инструмента А. А. удалось произвести чрезвычайно ценные исследования, доставившие ему большую известность, как выдающемуся спектроскописту. Здесь прежде всего отметить каталог спектров ярких звезд, затем специальные исследования большого числа отдельных звезд, среди которых было открыто самим А. А. несколько новых спектрально-двойных. Между прочим большое значение имела работа: «Исследование лучевых скоростей переменной  $\delta$  Цефея» — той звезды, именем которой назван теперь целый класс переменных звезд цефеид, позволяющих нам проникнуть нашим взором в глубины пространства на расстояния миллионов световых лет. Работа эта явилась диссертацией на степень доктора астрономии, которая и была присуждена А. А. Московским университетом в 1896 г.

Обширные работы А. А. посвящены исследованиям спектров новых звезд. В статье: „Vergleichung der Spektra der Neuen Sterne 1892, 1901, 1912, 1918 und 1920 nach den in Pulkovo erhaltenen Spektrogrammen“ содержится ряд замечательных сопоставлений, чрезвычайно важных для разрешения вопроса о сущности так называемых Новых, или, лучше сказать, Временных звезд.

Интересна работа А. А., выяснившая законы вращения Юпитера, а также его исследования

о вращении Венеры и колец Сатурна. Вопреки предположению Скиапарелли о времени вращения Венеры в 225 дней, А. А. устанавливает короткий период около суток. Для колец Сатурна А. А. нашел в согласии с Деляндром и Килером, что более отдаленные от центра части кольца имеют скорость меньшую, чем внутренние. Это подтверждает гипотезу Максвелла, что кольца Сатурна состоят из большого числа, тесных, но отдельных малых тел, движущихся вокруг Сатурна, как планеты вокруг Солнца по законам Кеплера.

Неоднократно обращаясь А. А. к вопросу о вращении Солнца. В упомянутой выше магистерской диссертации он исследовал вращение Солнца по пятнам, позднее в 1892 г. он опубликовал результаты исследования по факелам, а затем организовал специальные спектрографические наблюдения, первые результаты которых были опубликованы в 1906 г. Ряд наблюдений был сделан для исследования спектра собственно солнечных пятен, а затем для исследования их температуры.

Во всех своих исследованиях о лучевых скоростях небесных тел А. А. основывался на принципе Доплера-Физо. Естественно, что прежде всего он захотел убедиться в справедливости этого принципа по непосредственным наблюдениям. Большой заслугой А. А. является то, что он сумел произвести опытную проверку принципа Доплера-Физо. Для этого им был построен на средства, пожертвованные американской меценаткой Томсон, специальный прибор с вращающимися зеркалами.

В самом начале своей работы в качестве астрофизика Пулковской обсерватории (1890—1899) А. А. наблюдал также солнечные выступы. В 1907 г. он опубликовал результаты исследования объектива 30-дюймового рефрактора, в 1918 г. — результаты исследования спектров свечения Гейслеровых трубок. А. А. Белопольскому принадлежат интересные работы о физическом строении комет, в которых А. А. высказывает проникновенные мысли о сложных элементах.

Кроме упомянутого затмения 1887 г. А. А. пришлось наблюдать еще полное солнечное затмение 18 августа 1896 г. в организованной им экспедиции в с. Орловском на Амуре. Он участвовал также в экспедиции в Туркестан для наблюдения затмения 1 января 1907 г. К сожалению, облака и снег в день этого затмения помешали наблюдениям.

В 1923 г. в Пулково прибыл новый сложный инструмент так называемый спектрограф системы Литрова. Этот инструмент был заказан в 1912 г. фирме Grubb в Англии для международной работы по исследованию Солнца. Хотя инструмент был изготовлен своевременно, тем не менее из-за войны он не мог быть отправлен в Пулково ранее. Установка и исследование сложного прибора в трудные годы потребовали от А. А. большого напряжения сил, но А. А. успешно преодолел все трудности и организовал ряд очень важных исследований и прежде всего возможно точное определение вращения Солнца по смещению линий в данной области спектра. Наблюдения на этом инструменте А. А. продолжал до последних дней своей жизни.



А. А. несколько раз был командирован за границу с научной целью. Между прочим он посетил в 1910 г. знаменитые обсерватории в Соединенных Штатах Америки.

В 1900 г. А. А. был избран в адъюнкты Академии Наук СССР, в 1903 г. — в экстраординарные академики, в 1906 г. — в ordinарные. С 1905 г. он состоял председателем Русского отделения Международного союза по исследованию Солнца. В 1908 г. был избран Академией Наук на должность вице-директора Пулковской обсерватории, а в конце 1916 г. после смерти О. А. Баклунда назначен директором. Но административная деятельность не соответствовала его характеру, как человека науки прежде всего, и в 1919 г. при выборах по новым временным правилам управления обсерваторией он снял свою кандидатуру на должность директора. Позднее в 1932 г. он был утвержден в звании почетного директора. А. А. состоял действительным членом Общества испытателей природы в Москве, Общества любителей естествознания и Московского математического общества, почетным членом Всероссийской ассоциации астрономов, Русского астрономического общества, Московского общества любителей астрономии, Кружка любителей физики и астрономии в Н. Новгороде, Associate of Royal Astronomical Society в Лондоне (с 1910) и Membro estero della Societa degli Spettroscopisti Italiani (с 1910).

В 1908 г. А. А. удостоен Парижской Академией Наук золотой медали имени Жансена и в 1918 г. премии имени Лаланда. Две премии за свои работы он получил также от Русского астрономического общества.

А. А. близко стоял к делу создания южных отделений Пулковской обсерватории. При его участии были заказаны в 1912 г. в Англии 40-дюймовый рефлектор и 32-дюймовый фотографический рефрактор с башнями для их установки. В 1923 г. он ездил в Лондон принимать эти инструменты. Большую переписку он вел также и по заказу различных дополнительных приборов.

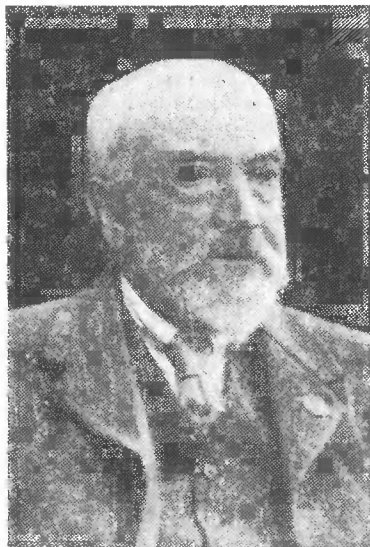
Во время пребывания в Москве А. А. читал в качестве приват-доцента лекции в Московском университете, а позднее состоял профессором по кафедре астрофизики на Высших женских курсах в Петербурге. Это был замечательно работоспособный человек. Даже в преклонных годах он не тяготился работой. В течение нескольких последних лет он наблюдал даже на двух больших инструментах — рано утром на спектрографе Литрова Солнце, вечером — на 30-дюймовом рефракторе звезды, и всю обработку своих наблюдений — измерения спектров и вычисления — производил сам. Только к концу жизни А. А. стал жаловаться на глаза, мучила его еще всегда боли в пояснице. В середине апреля, в силу обострившихся болей в ноге, он слег и уже не поднялся.

Похоронили А. А. 18 мая 1934 г. на обсерваторском кладбище в Пулково.

*Проф. К. Д. Покровский.*

**Дьюкинфильд Генри Скотт (D. H. Scott).** Ученый мир понес тяжелую утрату — в Лондоне 28 января с. г. скончался Дьюкинфильд Генри Скотт, один из крупнейших ботаников и палеоботаников Англии.

Скотт родился в 1854 г. и получил высшее образование в Оксфордском университете, где обратил на себя внимание исключительной преданностью биологическим наукам и, в частности интересам к ботаническим знаниям. С первых шагов своей ученой карьеры Скотт выделялся своими научными трудами, появившимися в печати уже с 1885 г. В 1892 г. Скотт получил в заведывание знаменитую Жорделевскую лабораторию в Кью, в которой он работал около 40 лет, и своими неустанными трудами успел сделать центром работ английских ученых по анатомии, морфологии и палеоботанике; тут работали специалисты, тут же вырабатывались и молодые силы — новые кадры ученых. Вся эта работа создала большое имя Скотту. С 1894 г. он стал членом Королевского общества и редактором журнала *Annales of Botany*.



Дьюкинфильд Генри Скотт.

Огромное значение в жизни Скотта играла его деятельность в области палеоботаники, которая им была начата под руководством знаменитого палеоботаника Вильямсона — крупного специалиста по анатомии палеозойских растений. Этому ученому Скотт был обязан большой подготовкой и широким знанием сравнительной анатомии растений, столь важной дисциплины для познания ископаемых растений прошлых эпох. Совместная работа Скотта и Вильямсона продолжалась до конца жизни последнего (1895) и оставила неизгладимый след в той широкой постановке учения об ископаемых растениях, которая с таким талантом выразилась в его знаменитом учебнике (*Studies in fossil Botany*). Этот учебник был переведен на другие языки, в том

число на русский в двух изданиях, из которых второе вышло под редакцией проф. Л. М. Кречетовича („Эволюция растительного мира“, М., 1927).

Учебник Скотта является основным руководством для познания истории растительного мира в современном его освещении.

Другой труд Скотта („Extinct plants and problems of evolution“, London, 1924) представляет собой курс по ископаемым растениям, который он прочел в университетском колледже Уэльса в 1922 г. В нем широко поставлены вопросы значения дарвинизма для понимания растительного мира, а также представлена картина последовательной смены флор, начиная от современных и постепенно переходя к флорам первобытного мира.

Крупнейшей заслугой Скотта является открытие, сделанное им совместно с ботаником Оливером, по анатомии палеозойских растений. Это открытие было сделано в связи с усовершенствованным методом исследования, выравнившимся

в изготовлении тонких шлифов особенно из так называемых „угольных почек“, находящихся в продуктивном ярусе каменноугольной системы. Детальное изучение таких шлифов убедило авторов в том, что некоторые так называемые ископаемые папоротники имеют первичную и вторичную древесины, а на их папоротникообразных ветвях найдены были плоды (купулы). Таким образом было установлено наличие в каменноугольных отложениях особой группы семенных растений, названных папоротникосемянными (*Pteridospermae*) растениями. Это открытие совершенно изменило представление об эволюции сосудистых растений в палеозойское время.

Не останавливаясь на многих других трудах Скотта, в большинстве случаев имеющих огромный научный интерес, приходится отметить, что в его лице не только Англия, но и весь ученый мир Европы потерял крупнейшего научного работника и незаменимого деятеля в области изучения истории прошлого растительного мира.

*И. Палибин.*



Напечатано по распоряжению Академии Наук СССР

Июль 1934 г.

Непременный секретарь академик В. Волин.

Ответственный редактор академик А. А. Борисяк.

Члены редакционной коллегии { Акад. С. И. Вавилов, акад. Б. А. Келлер, акад. Н. С. Курнаков, проф. Я. М. Урановский (зам. отв. редактора), проф. А. Ю. Харит, проф. Ю. Ю. Шаксель (Prof. Dr. J. Schaxel).

Ответственный секретарь редакции д-р М. С. Королицкий

Технический редактор А. Д. Покровский. — Ученый корректор М. И. Коровин.

Обложка работы А. А. Ушина.

Сдано в набор 25 июня 1934 г. — Подписано к печати 20 июля 1934 г.

# ЮБИЛЕЙНЫЙ МЕНДЕЛЕЕВСКИЙ СЪЕЗД

С 10 по 13 сентября в Ленинграде состоится Юбилейный Менделеевский съезд, созываемый в ознаменование 100-летия со дня рождения Д. И. Менделеева. На Съезде будут сделаны доклады, выясняющие значение личности и деятельности Димитрия Ивановича Менделеева. Ожидается приезд значительного числа иностранных ученых из Европы и Америки. Программа Съезда содержит 23 доклада.

## Д о к л а д ы:

Б. Н. В ы р о п а е в (Москва). Д. И. Менделеев как ученый, мыслитель и общественный деятель.

А. А. Б а й к о в (Ленинград). Научное творчество Д. И. Менделеева.

А. А. И в а н о в (Ленинград). Работы Д. И. Менделеева в области метрологии.

Д. С. Р о ж д е с т в е н с к и й (Ленинград). Анализ спектров и периодическая система элементов.

Л. М е й т н е р (Берлин—Далем). Атомное ядро и периодическая система.

Ф. П а н е т (Лондон). Значение периодической системы для идеи строения материи.

Ю. Б. Р у м е р (Москва). Квантовая химия.

А. Е. Ф е р с м а н (Ленинград). Периодический закон Менделеева в геохимии.

Г. Г. Г р и м м (Людвигсхафен). Периодическая система простейших химических соединений.

В. Б и л ь ц (Ганновер). Пространственная химия твердых тел.

А. К. Б о л д ы р е в (Ленинград). Кристаллические структуры и ионные радиусы химических элементов.

И. И. Ч е р н я е в (Ленинград). Химия внутренней сферы комплексных соединений.

А. А. Г р и н б е р г (Ленинград). Физическая химия комплексных соединений.

П. И. В а л ь д е н (Росток). Электролиты в растворителях.

Н. С. К у р н а к о в (Ленинград). Особые точки учения о растворах Д. И. Менделеева и топология химической диаграммы.

Н. И. С т е п а н о в (Ленинград). Особые точки учения о растворах Д. И. Менделеева и метрика химической диаграммы.

Н. Д. З е л и н с к и й (Москва). Д. И. Менделеев и контактные явления.

С. С. Н а м е т к и н (Москва). Труды Д. И. Менделеева в области изучения нефти и нефтяной промышленности.

А. А. Я к о в к и н (Ленинград). Взгляды Д. И. Менделеева на развитие промышленности в России.

## Кроме перечисленных, по предложению Оргкомитета Съезда представлены доклады:

В. Я. К у р б а т о в (Ленинград). Закон Д. И. Менделеева и основы классификации в химии.

С. А. Щ у к а р е в (Ленинград). О значении атомного веса для характеристики химических элементов.

А. И. Б р о д с к и й (Днепропетровск). Современное состояние теории электролитов.

Г. М а р к (Вена). Применение дифракции электронов в научных и технических вопросах.

После Съезда для иностранных делегатов организуется экскурсия в Москву, Харьков и Днепротэс. В Москве намечается провести несколько научных заседаний и ознакомить иностранных делегатов с научно-исследовательскими и техническими учреждениями Москвы.

На Съезд разосланы специальные приглашения, и число делегатов Съезда весьма ограничено.

Генеральный Секретарь Оргкомитета Менделеевского съезда

академик И. В. Г р е б е н щ и к о в.

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

НА 1934 ГОД ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА НА 1934 ГОД

— НА ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПОПУЛЯРНЫЙ —  
ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
ИЗДАВАЕМЫЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК СССР

23-й год издания

„ПРИРОДА“

23-й год издания

Ответственный редактор акад. А. А. БОРИСЯК

Члены редакционной коллегии: акад. С. И. Вавилов, акад. Б. А. Келлер, акад. Н. С. Курнаков, проф. Я. М. Урановский (зам. отв. редактора), проф. А. Ю. Харит, проф. Ю. Ю. Шаксель (Prof. Dr. J. Schaxel).

Отв. секретарь редакции д-р М. С. Королидкий.

Журнал популяризирует достижения современного естествознания в СССР и за границей, наиболее общие вопросы техники и медицины и освещает их связь с социалистическим строительством. Информирова читателей о новых данных в области конкретного знания, журнал вместе с тем освещает общие проблемы естественных наук, преодолевая реакционные направления в теоретическом естествознании.

В журнале представлены все основные отделы естественных наук, организованы также отделы: история и философия естествознания, новости науки, научные съезды и конференции, жизнь институтов и лабораторий, критика и библиография.

Редакторами отделов являются: математики — акад. С. Н. Бернштейн; физики и астрономии — акад. С. И. Вавилов; химии — акад. Н. С. Курнаков; геологии с палеонтологией — акад. А. А. Борисьяк; общей биологии — проф. Ю. Ю. Шаксель (Prof. Dr. J. Schaxel); ботаники — акад. Б. А. Келлер; зоологии — акад. А. Н. Северцов; физиологии — чл.-корресп. АН проф. Л. А. Орбели; генетики — акад. Н. И. Вавилов; микробиологии — акад. Г. А. Надсон; почвоведения — чл.-корресп. АН проф. Б. Б. Польшов.

Журнал рассчитан на научных работников и аспирантов: естествовников и общественников, на преподавателей естествознания высших и средних школ. Журнал стремится удовлетворить запросы всех, кто интересуется современным состоянием естественных наук, в частности широкие круги работников прикладного знания, сотрудников отраслевых институтов: физиков, химиков, растениеводов, животноводов, инженерно-технических, медицинских работников и т. д.

В 1934 г. журнал выходит в увеличенном объеме

**ПОДПИСНАЯ ЦЕНА:** На год за 12 №№ . . 15 руб. — коп.  
На 1/2 года за 6 №№ . . 7 руб. 50 коп.

Подписку и деньги направлять в Сектор распространения Издательства Академии Наук СССР: Ленинград 1, В. О., Менделеевская лин., 1, тел. 5-92-62. Подписка принимается также доверенными Издательства, снабженными специальными удостоверениями.

Редакция: Ленинград 1, В. О., Менделеевская лин., 1, тел. 669-38 и 555-78.