

# ПРИРОДА



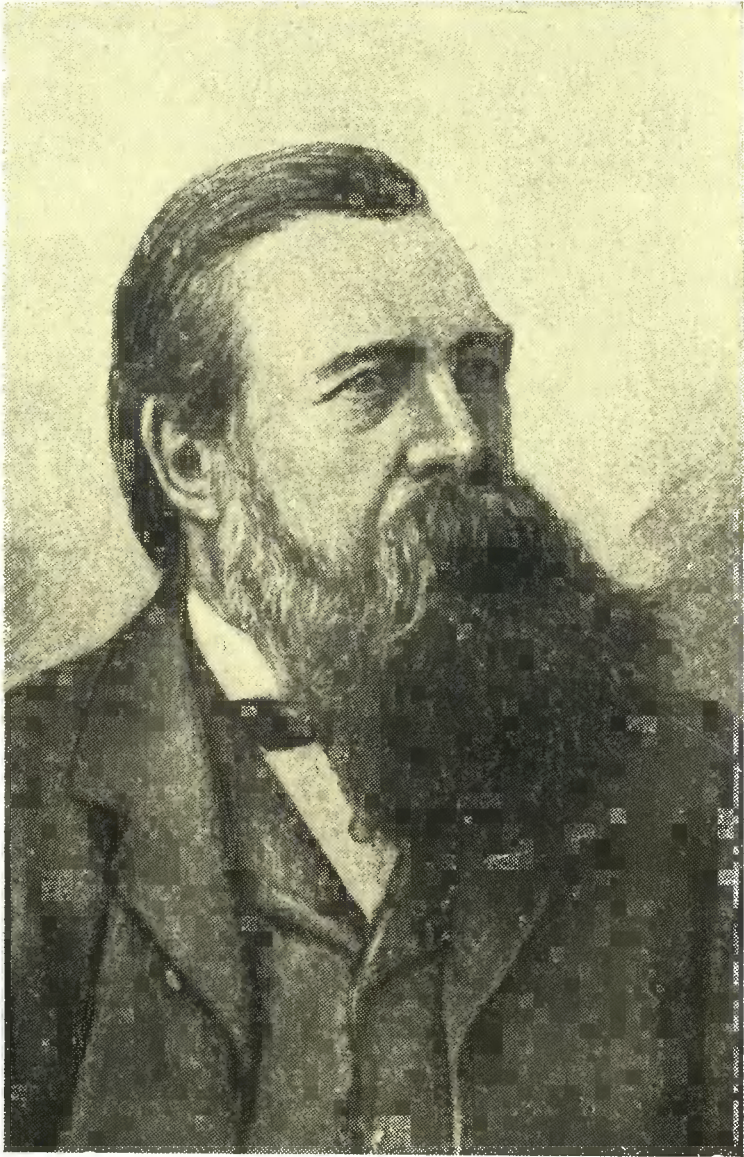
№

12

ИЗД-ВО АКАДЕМИИ НАУК СССР • 1935

## СОДЕРЖАНИЕ

<p>Проф. <i>В. Г. Фридман</i>. Энгельс и закон сохранения энергии. (К 40-летию со дня смерти Энгельса) . . . . .</p> <p>Акад. <i>С. И. Вавилов</i>. Фотометрический метод гашения и его применения . . . . .</p> <p>Проф. <i>С. Н. Данилов</i>. Молекулярные веса высокополимерных веществ . . . . .</p> <p>Проф. <i>О. Е. Звягинцев</i>. К химии платины . . . . .</p> <p><i>А. М. Сергеев</i>. О необратимости эволюции . . . . .</p> <p>Акад. УАН <i>В. Н. Любименко</i>. К теории процесса приспособления в растительном мире. III. О приспособлениях роста и развития к световому режиму . . . . .</p> <p>Проф. <i>Е. Н. Павловский</i>. Насекомые и клещи—переносчики фильтрующихся вирусов . . . . .</p> <p>Акад. <i>Л. А. Орбели</i>. Боль и ее физиологические эффекты . . . . .</p> <p>Проф. <i>М. И. Аствацатуров</i>. О сущности „подсознательного“ в свете данных неврологии . . . . .</p>	<p>1</p> <p>8</p> <p>16</p> <p>30</p> <p>36</p> <p>44</p> <p>54</p> <p>64</p> <p>71</p>	<p style="text-align: center;"><i>ИСТОРИЯ НАУКИ</i></p> <p><i>З. С. Каунельсон</i>. Клеточная теория в ее историческом развитии и в современной биологии. I. От истоков клеточного учения до конца XIX столетия . . . . .</p> <p>Проф. <i>М. А. Блох</i>. Памяти Карла Шорлеммера (30 IX 1834—27 VI 1892) . . . . .</p> <p style="text-align: center;"><i>ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И СТРОИТЕЛЬСТВО СССР</i></p> <p>Проф. <i>Р. И. Аболин</i>. Пути и перспективы пустынного растениеводства . . . . .</p> <p style="text-align: center;"><i>НОВОСТИ НАУКИ</i></p> <p><i>Физика</i>. Определение антиокислительных свойств кровяной сыворотки по методу тушения флуоресценции . . . . .</p> <p><i>Геология</i>. Необычные оползневые явления района трассы Ачинск—Енисейск . . . . .</p> <p><i>Геохимия</i>. Растворимость золота в слабых растворах FeSO<sub>4</sub>.—Коренное месторождение осмистого иридия . . . . .</p> <p><i>Биология</i></p> <p><i>Зоология</i>. Государственный выхухольевый заповедник в Воронежской области . . . . .</p> <p><i>Гидробиология</i>. Солёное грязевое озеро в Днепропетровской области . . . . .</p>	<p>80</p> <p>86</p> <p>90</p> <p>104</p> <p>—</p> <p>104</p> <p>—</p> <p>106</p>
---	---	---	--



*F. Engels*



# ПРИРОДА

ПОПУЛЯРНЫЙ  
ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ

ИЗДАВАЕМЫЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК СССР

ГОД ИЗДАНИЯ  
ДВАДЦАТЬ ЧЕТВЕРТЫЙ

№ 12

1935

## ЭНГЕЛЬС И ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

(К 40-ЛЕТИЮ СО ДНЯ СМЕРТИ ЭНГЕЛЬСА)

Проф. В. Г. ФРИДМАН

Энгельс, этот пламенный революционер, вождь мирового пролетариата, работал в области естествознания (в частности — физики), интересуясь естествознанием, конечно, прежде всего как философ, как материалист-диалектик. В противоположность Гегелю, искусственно навязывавшему диалектику природе, Энгельс ставил себе задачу вскрыть реальную диалектику явлений природы; речь шла о том, чтобы снять с диалектики ту мистическую оболочку, в которую ее облек идеалист Гегель.

С точки зрения Энгельса первый принцип энергии был не просто законом сохранения общего количества энергии при природных процессах, не просто средством, используемым физикой для подведения баланса энергии; это был, в глазах Энгельса, закон превращения энергии, устанавливающий единство разных форм движения материи, их способность переходить друг в друга в определенном количественном соотношении. При этом Энгельс подчеркивает, что такая превращаемость не стирает качественного своеобразия отдельных видов энергии. Словом, Энгельс подходит к первому принципу энергии не только с количественной его стороны, но и качественно. Приведем некоторые выписки главным обра-

зом из „Диалектики природы“ Энгельса для лучшего выяснения его мыслей.

„Количественное постоянное движения было высказано уже Декартом и почти в тех же выражениях, что и теперь. Зато превращение формы движения открыто только в 1842 г., и это, а не закон количественного постоянства, есть как раз новое“.<sup>1</sup>

„Благодаря этому (т. е. открытию закона сохранения энергии. — В. Ф.) различные физические силы — эти, так сказать, неизменные „виды“ физики — превратились в различно дифференцированные и переходящие по определенным законам друг в друга формы движения материи. В науке удалось избавиться от случайности наличия такого-то и такого-то количества физических сил, ибо были доказаны их взаимная связь и переходы друг в друга. ... физика пришла к тому неизбежному результату, что последним выводом является вечный круговорот движущейся материи“.<sup>2</sup> В „Людвиге Фейербахе“<sup>3</sup> Энгельс указывает и то, что открытие закона сохранения энергии показало (на ряду с открытием клеточек в биологии и с открытием

<sup>1</sup> Ф. Энгельс. Диалектика природы. Изд. 3-е, Госиздат, М.-Л., 1930, стр. 59. <sup>2</sup> Ibid., стр. 115. <sup>3</sup> Фридрих Энгельс. „Людвиг Фейербах“. Гос. соц.-экон. изд., М.-Л., 1931, стр. 65—66.

Дарвина) „взаимную связь процессов, совершающихся в природе“, что это открытие показало, что „все так называемые силы... представляют собой различные формы проявления всемирного движения, формы, которые переходят одна в другую в известных количественных отношениях,... и все движение в природе сводится к непрерывному процессу превращения одной формы в другую“.

„Если еще 10 лет тому назад вновь открытый великий основной закон движения понимали как простой закон сохранения энергии, как простое выражение неразрушимости и несозидаемости движения, следовательно просто с его (закона) количественной стороны, то в настоящее время это узкое, отрицательное определение все больше и больше вытесняется положительным — именно учением о превращении энергии“, в котором впервые „ясно выражено качественное содержание процесса и исчезает последнее воспоминание о внемировом творце“.<sup>1</sup>

„Единство всего движения в природе теперь уже не просто философское утверждение, а естественно-научный факт“.<sup>2</sup>

Итак, для Энгельса важна качественная сторона дела, важен тот вывод первого принципа энергии, что в природе происходит вечный круговорот энергии, самодвижение материи, не нуждающейся во внеприродном толкаче, что в происходящем при определенной количественной эквивалентности круговороте выявляется единство движения, этого неотъемлемого атрибута материи.

С этим связано то философское определение, которое Энгельс дает понятиям „работа“ и „энергия“. Вопросу о работе Энгельс уделяет внимание в особой статье „Мера движения — работа“, напечатанной в „Диалектике природы“. Энгельс подчеркивает здесь то обстоятельство, что всякая работа связана с превращением одной формы движения материи в другую, что без такого превращения не может быть работы; в связи с этим Энгельс дает следующее определение работы: „работа, это — изменение формы движения, рассма-

триваемое с его количественной стороны“.<sup>1</sup> Далее Энгельс выясняет в упомянутой статье, что, если мера механического движения Декарта (количество движения  $mv$ ) не имеет в виду перехода механической энергии в другую, то лейбницевская мера  $\frac{mv^2}{2}$  (так называемая живая сила) предполагает такой переход; но  $\frac{mv^2}{2}$  выражает как раз кинетическую энергию тела. Отсюда ясно, что для Энгельса энергия есть мера превращаемости одной формы движения материи в другую; это философское определение (и работы и энергии), как мы видим, тесно связано с качественным пониманием Энгельсом первого принципа энергии.

Подходя к оценке первого принципа энергии с другой стороны, Энгельс настаивает на том, что открытие этого закона содействовало выходу естествознания из эмпирической стадии, на которой оно до этого находилось, что естествознание превратилось, благодаря открытию этого закона, из науки о предметах в науку о процессах превращения и развития материи.

Говоря о трех великих открытиях XIX в. — в том числе о законе сохранения энергии, — Энгельс следующим образом характеризует изменение естествознания, происшедшее благодаря этим открытиям: „До конца последнего столетия естествознание было преимущественно с о б и р а ю щ е й наукой, наукой о законченных предметах; в нашем же (XIX) веке оно стало наукой, упорядочивающей наукой о явлениях природы, наукой о происхождении и развитии предметов и о связи, соединяющей явления в одно великое целое“.<sup>2</sup> В физике эта связь вскрывается главным образом через закон сохранения энергии. Энгельс был глубоко прав, когда в письме Марксу от 30 мая 1873 г. отмечал, что физика есть наука, изучающая определенные формы движения материи и „что эти формы при известных условиях переходят одна в другую“. (Именно в этом письме Энгельс развивал перед Марксом картину „диалектического по-

<sup>1</sup> Диалектика природы, стр. 271.

<sup>2</sup> Ibidem, стр. 274.

<sup>1</sup> Диалектика природы, стр. 191.

<sup>2</sup> „Людвиг Фейербах“, стр. 65.

строения по поводу естественных наук“.<sup>1</sup>) Энгельс решительно указывал, что „приписываемая природе неподвижность и абсолютность внесены в нее лишь нашей рефлексией“, и считал, что „это признание составляет основной пункт диалектического понимания природы“. Поэтому он и утверждал, что „правильность диалектического понимания все более подтверждается накопляющимися фактами естествознания“.<sup>2</sup> Именно закон сохранения энергии был для Энгельса основным законом природы, подтверждающим диалектическое понимание природы, как единого и в то же время многообразного процесса развития материи.

Еще больше внимания Энгельс уделял второму принципу термодинамики, что вполне естественно, так как этот принцип особенно важен с философской точки зрения. Как известно, из этого принципа (возрастания энтропии) часто делают тот идеалистический вывод, будто вселенная стремится к тепловой смерти, что поэтому здесь не обойтись без вмешательства внеприродной силы — бога, что было этого вмешательства давно уже наступила бы тепловая смерть, т. е. мир пришёл бы в такое состояние, когда температура всех тел природы сравнялась бы и, значит, прекратились бы превращения энергии, прекратилось бы развитие вселенной.

Как подходит к этому важнейшему вопросу Энгельс? В первую очередь он подчеркивает, что здесь мы стоим перед некоторой альтернативой, что „здесь мы вынуждены либо обратиться к помощи творца, либо сделать тот вывод, что раскаленный сырой материал для солнечной системы нашего мирового острова возник естественным путем, путем превращения движущей, которая присутствует от природы движущейся материи и условия которых должны, следовательно, быть снова произведены материей“.<sup>3</sup> Энгельс настаивает на этом самодвижении материи и опять подчеркивает то, что учение о сохранении энергии надо понимать не только количественно, но и качественно, что „материя, чисто механическое переме-

щение которой хотя и содержит в себе возможность превращения при благоприятных обстоятельствах в теплоту, электричество, химическое действие, жизнь, но которая не в состоянии породить из самой себя эти условия, — такая материя утратила движение, движение, которое потеряло способность превращаться в свойственные ему различные формы“.<sup>1</sup> В этом все дело. Если материя не в состоянии порождать из самой себя условия для превращения одних форм своего движения в другие, то значит движение по существу отнято у материи и передано богу-творцу.

Энгельс подвергает, в связи с этим, резкой критике учение Клаузиуса (одного из основателей термодинамики) о возрастании энтропии вселенной и о грядущей тепловой смерти вселенной. Энгельс отмечает, что признание справедливости утверждений Клаузиуса подрывает в конце концов значение и первого принципа энергии, ибо, если для избавления вселенной от тепловой смерти необходим (так же, как это было и при создании вселенной) внешний толчок, то „количество имеющегося во вселенной движения, или энергии, не всегда одинаково, следовательно энергию можно создать искусственно, следовательно она создаваема, следовательно она уничтожаема“.<sup>2</sup>

Но Энгельс не ограничивается этим указанием на противоречие между трактовкой второго начала учения об энергии, данной Клаузиусом, и законом сохранения энергии. Энгельс идет дальше и подчеркивает, что Клаузиус, этот большой физик-специалист, сделал свой философский вывод о грядущей неизбежной тепловой смерти слишком поспешно и неосмотрительно. Энгельс обвиняет Клаузиуса в том, что тот лишь поставил проблему о возрастании энтропии, о рассеянии энергии, но вовсе не разрешил ее. Между тем дело у Клаузиуса принимает такой оборот, как будто проблема уже решена. В связи с этим Энгельс неоднократно подчеркивает, что учение о превращении энергии зародилось в физике сравнительно недавно и что, поэтому, здесь в нашем

<sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Письма. М., 1922, стр. 229. <sup>2</sup> Диалектика природы, стр. 272.

<sup>3</sup> Ibidem, стр. 123.

<sup>1</sup> Ibidem, стр. 123.

<sup>2</sup> Ibidem, стр. 49—50.

знании природы имеются пока пробелы, из-за которых (современная Энгельсу) физика не в состоянии пока установить те естественные пути, которыми природа осуществляет вечный круговорот материи. Эти пути самодвижения природы несомненно будут открыты при дальнейшем развитии естествознания. „Превращение движения, — говорит Энгельс, — и неуничтожаемость его открыты лишь каких-нибудь 30 лет назад, и дальнейшие выводы из этого развиты лишь в самое последнее время. Вопрос о том, что делается с потерянной как будто бы теплотой — *nettement posé*,<sup>1</sup> так сказать, лишь в 1867 г. (Клаузиус). Неудивительно, что он еще не решен; возможно, что пройдет еще не мало времени, пока мы своими скромными средствами добьемся решения его. Но он будет решен; это так же достоверно, как и то, что в природе не происходит никаких чудес и что первоначальная теплота туманности не была получена ею чудесным образом из внемировых сфер“.<sup>2</sup>

В другом месте „Диалектики природы“ Энгельс говорит: „Мы приходим, таким образом, к выводу, что излучаемая в мировое пространство теплота должна иметь возможность каким-то путем — путем, установить который предстоит в будущем естествознанию — превратиться в другую форму движения, в которой она может снова накопиться и начать функционировать“.<sup>3</sup>

Что Энгельс оказался полностью правым, видно из дальнейшего развития физики, уже после Энгельса, из того, как физика XX в. подходит к вопросу о возможности тепловой смерти. После известных попыток Людвиг Больцмана (в XIX в.) опровергнуть или, по крайней мере, смягчить доктрину о неизбежности тепловой смерти путем статистического столкновения 2-го принципа термодинамики против учения о тепловой смерти выступает целый ряд физиков. Известный французский физик Перрен выдвигает гипотезу о возможности синтеза в природе, при известных естественных условиях, ряда легких элементов; эту мысль, на основе исследования космических лучей, поддержи-

вает знаменитый американский физик Милликен, который утверждает, что излученные материальными телами (звездами) кванты света могут синтезироваться в протоны и электроны, из которых потом образуются атомы гелия, кремния и железа с выделением при этом больших количеств энергии; на этом основании Милликен<sup>1</sup> отвергает „нигилистическую доктрину“ (как выражается Милликен) о якобы неизбежности тепловой смерти. Знаменитый немецкий химик Нернст выдвигает учение об образовании атомов тяжелых элементов из эфира (за счет так называемой нулевой энергии эфира); эти тяжелые элементы затем распадаются с выделением энергии, и таким образом осуществляется вечный круговорот материи и энергии в природе, избегается тепловая смерть. Правда, и сейчас имеются ученые — напр. Джинс и Эддингтон, — которые защищают богословское учение о неизбежности тепловой смерти, учение о том, что „машина мира трескается“ и неизбежен конец, если не произойдет вмешательства внеприродной силы. Но, во-первых, исходное положение этих ученых о том, будто при излучении энергии звездами происходит „аннигиляция“ — уничтожение материи, неверно, ибо, если даже считать доказанным, что при излучении исчезают (попарно) протоны и электроны и превращаются в фотоны (кванты света), то это вовсе не представляет уничтожения материи: здесь происходит превращение материи из одной формы ее (протоны и электроны) в другую (фотоны). И, во-вторых, эти идеи Джинса и Эддингтона встречают не так уж много сочувствия среди современных физиков, что, напр., показала происходившая недавно (в 1934 г.) на страницах английского журнала „Nature“<sup>2</sup> полемика по вопросу о правильном понимании энтропии между Джинсом, с одной стороны, и двумя известными английскими химиками-термодинамиками Доннаном и Гугенгеймом, с другой стороны.

В том же журнале в 1934 г. (3 марта) было помещено сообщение индийского

<sup>1</sup> Научное слово за 1929 г., № 2.

<sup>2</sup> См. номера от 20 января, 3 февраля, 7 и 21 апреля, 9 и 30 июня, 18 августа 1934 г.

<sup>1</sup> вплотную был поставлен. <sup>2</sup> Диалектика природы, стр. 39. <sup>3</sup> Ibidem, стр. 124.

ученого Сага, который утверждает, что открытие позитронов отнимает почву у учения о тепловой смерти, что возможно образование пар позитронов и электронов за счет так называемой конверсии гамма-лучей, что далее из мелких космических квантов могут образовываться более крупные и что во вселенной происходит вечный круговорот материи и энергии. Годом раньше известный физик Толмен опубликовал сообщение в журнале „Science“ (№№ от 24 и 31 марта 1933 г.) о так называемой новой релятивистской термодинамике, представляющей соединение термодинамики с идеями теории относительности. В этих сообщениях Толмен указывает, что в виду утверждаемой теорией относительности эквивалентности массы и энергии в изолированной системе может происходить безграничная смена состояний сжатия и расширения и что поэтому такая система никогда не должна достигать максимума энтропии, что, очевидно, расходится с мрачными прогнозами Клаузиуса. И если не так давно Джинс, возражая против положения Милликена (см. выше) о круговороте материи и энергии во вселенной, указывал, что это положение Милликена противоречит принципу возрастания энтропии, то теперь это возражение Джинса отпадает.

Нельзя, конечно, сказать, что вопрос о применении второго принципа ко вселенной в настоящее время вполне уже разъяснился: но во всяком случае ясно, что при современном состоянии науки не может быть и речи о том, будто тепловая смерть вселенной неизбежна. Наоборот, все развитие современной физики все больше говорит в пользу вечного круговорота материи и энергии в природе, на котором в свое время так пронизательно настаивал Энгельс. Современная физика идет в этом вопросе все более по энгельсовскому направлению, по дороге, предсказанной Энгельсом!

Приведем замечательные, полные силы и правоты<sup>1</sup> слова Энгельса, где точка зрения основоположника научного коммунизма выражена с необычайной яркостью: „Материя движется в вечном

круговороте..., в котором каждая отдельная форма существования материи — безразлично, солнце или туманность... одинаково преходяща и в котором ничто не вечно, кроме вечно изменяющейся, вечно движущейся материи и законов ее движения и изменения. Но, как бы часто и как бы безжалостно ни совершался во времени и в пространстве этот круговорот, ... мы все же уверены, что материя во всех своих превращениях остается вечно одной и той же, что ни один из ее атрибутов не может погибнуть и что поэтому с той же самой железной необходимостью, с какой она некогда истребит на земле свой высший цвет — мыслящий дух, она должна будет его снова породить где-нибудь в другом месте и в другое время“.<sup>1</sup>

Перед нами встает теперь следующий важный вопрос: считал ли Энгельс закон сохранения и превращения энергии лишь относительным, историческим законом, или же для Энгельса этот закон имел абсолютный характер непреложного закона. Постановка этого вопроса особенно важна в настоящее время; как известно, в XX в. закон сохранения энергии неоднократно подвергался нападениям со стороны крупнейших физиков. Когда был открыт радий, то на первых порах особенно поражало физиков то, что радий непрерывно выделяет энергию без видимого источника ее. До тех пор пока этот источник (внутриатомная энергия) не был найден, у многих физиков создавалось впечатление о нарушении закона сохранения энергии. Упоминание об этом можно найти в книге Ленина „Материализм и эмпириокритицизм“, в которой Ленин приводит цитату из книги Пуанкаре „О ценности науки“, где говорится, что по мнению некоторых физиков „великий революционер-радий“ подрывает принцип сохранения энергии“.<sup>2</sup> Около 10 лет назад Н. Бор выступил с гипотезой, что закон сохранения энергии является лишь статистическим законом, верным для макромира, но не верным для единичных актов испускания и поглощения света отдельными атомами. Специально поставленные

<sup>1</sup> Диалектика природы, стр. 125.

<sup>2</sup> В. И. Ленин. Сочинения. Т. XII, изд. 3-е, Госиздат, М.-Л., 1928, стр. 207.

<sup>1</sup> Многоточиями отмечены пропуски некоторых слов Энгельса.



опыты отвергли гипотезу Бора, и это нападение на закон сохранения энергии, можно сказать, оказалось отбитым.

Недавно это нападение возобновилось в еще большей степени. Речь идет о бета-распаде радия. Опыт указывал на то, что энергетический баланс при испускании бета-лучей не уравнивается. Чтобы сохранить этот энергетический баланс, известный теоретик Паули выдвинул гипотезу, что при радиоактивном распаде кроме бета-лучей должны выбрасываться еще особые материальные частицы „нейтрино“, лишённые заряда (аналоги недавно открытых нейтронов, но со значительно меньшей массой): эти нейтрино не улавливаются измерительными приборами, так как вследствие большой проникающей способности они проходят через эти приборы, не оказывая на них действия, и, значит, их энергия не учитывается. Таким образом, по мысли Паули, энергия, якобы пропадающая бесследно при бета-распаде, в действительности уносится этими нейтрино.

Сначала к этой гипотезе о нейтрино отнеслись недоверчиво, считая, что Паули придумал свою гипотезу „ad hoc“, специально для спасения закона сохранения энергии. Многие подчеркивали то, что особенно тревожиться по поводу краха закона сохранения энергии в данном случае (для бета-распада, т. е. для определенной области явлений) не следует. Однако новый анализ бета-распада радия (наблюдения физика Эллиса) показал, что здесь (в связи с гипотезой нейтрино и новым анализом спектра бета-лучей) все, в смысле сохранения энергии, обстоит благополучно.

Значит, и эта новейшая атака на закон сохранения энергии пока отбита. Но суть дела не в этой эмпирической постановке проблемы, а в том, следует ли принципиально признать возможность нарушений закона сохранения энергии в областях явлений, впервые становящихся доступными опыту, и может ли закон сохранения энергии иметь основное методологическое значение при исследовании этих новых областей.

Необходимо подчеркнуть, что с точки зрения Энгельса единство мирового процесса движения материи должно вы-

ражаться в том, что в природе происходят лишь превращения одних форм движения материи в другие, что в природе не может возникать ни одного такого движения, которое не являлось бы количественным эквивалентом другого материального движения, перешедшего в первое; значит, ни одна форма движения материи не может в природе бесследно (в количественном смысле) исчезать; недаром Энгельс подчеркивает, что закон сохранения энергии надо понимать как закон превращения энергии.

Если подходить к делу по-энгельсовски, то становится ясной величайшее методологическое значение этого закона, выражающего единство мирового движения материи; ведь именно в связи с установлением в физике закона сохранения энергии Энгельс пишет: „Единство всего движения в природе теперь уже не просто философское утверждение, а естественно-научный факт“. В этих словах ясно обнаруживается также то, что Энгельс подходил к закону сохранения энергии принципиально; убеждение в правильности этого закона зависит у Энгельса вовсе не от тех или иных случайностей физического опыта, а от глубокой философской уверенности в самодвижении материи, в единстве ее движения. Разумеется, это не значит, что Энгельс догматически выставлял закон сохранения энергии, как некоторое априорное положение, которое должно иметь неизменное и универсальное выражение при всех обстоятельствах. Энгельс был чужд всякого догматизма. Поэтому и в вопросе о законе сохранения энергии он не занимал догматических позиций.

Полемизируя с Дюрингом, который стремился априори вывести законы единства и сохранения и обосновать их „аксиоматически“, Энгельс писал: „Действительное единство мира заключается в его материальности и оно доказывается... путем долгого и медленного развития философии и естествознания“.<sup>1</sup>

Отсюда, разумеется, следует вывод, что для Энгельса та форма, в которой был выражен в его время закон сохранения энергии, отнюдь не должна была

<sup>1</sup> Фридрих Энгельс. Анти-Дюринг. Госиздат, 1928, стр. 38.

представляться „истиной в последней инстанции“. Если единство природы доказывается не парой общих фраз, а длительным историческим развитием научного исследования, то это значит, что закон сохранения и превращения энергии может измениться по форме и уступить место какой-то более общей и широкой формуле, выражающей неразрушимость материальной реальности и закономерность ее развития, состоящего из последовательной смены форм материи и ее движения. Этим самым, однако, общеобязательность закона сохранения и превращения энергии в том виде, в каком он сформулирован в XIX в., не отменяется, а углубляется и обобщается.

Небезынтересно сопоставить это с тем, что в современной атомной и ядерной физике закон сохранения энергии принял гораздо более осложненную форму — в связи с признанием эквивалентности массы и энергии. В этой более общей форме закон сохранения энергии лежит в основе всех таких важнейших расчетов, как, напр., расчет массы нейтрона или энергетических эффектов распада атомных ядер и т. д. Основное уравнение волновой механики (уравнение Шредингера) находится в теснейшей и внутренней связи с тем же принципом сохранения (превращения) энергии. В физике, несомненно, откроют в будущем еще новые формы движения, в связи с чем формулировка закона энергии может подвергнуться дальнейшим осложнениям и обобщениям; необходимо все же сказать, что в физике всегда будет иметь место некоторый общий закон, выражающий единство мирового движения материи, самодвижение ее. Выражаясь словами Энгельса, мы скажем про этот закон, что „в своей всеобщности, в которой одинаково всеобща и форма и содержание, он неспособен к дальнейшему расширению: он — абсолютный закон природы“.<sup>1</sup> Это Энгельс говорил именно про закон превращения энергии.

Мы оставили без рассмотрения подход Энгельса к проблеме потенциальной энергии, к истории открытия закона

сохранения энергии и некоторые другие вопросы. Мы сосредоточили наше внимание на главном, а именно на оценке и истолковании Энгельсом обоих так назыв. принципов термодинамики, что имеет особенно большое актуальное значение при современном развитии физики.

Сейчас, через 40 лет после смерти Энгельса, мы видим, что в физике расплодилось немало апологетических, реакционных, идеалистических теорий и точек зрения. Кризис буржуазного миросозерцания создает гнилостную атмосферу, тормозящую развитие физики. Экспериментальная мощь современного буржуазного физика стоит в вопиющем противоречии с бессилием его теоретической мысли, запутавшейся в реакционных путях идеализма и поповщины. Фашизация буржуазии сказывается на развитии физической мысли, направляя ее по самому реакционному руслу буржуазной апологетики. Достаточно упомянуть „квантово-механическое обоснование“ фашистской диктатуры, производимое Йорданом, достаточно сослаться на поповствующие кликушества Джинса и богословские упражнения Эддингтона, достаточно напомнить индетерминистические и субъективистские построения последователей Бора и т. д. В этой обстановке глубокие мысли Энгельса относительно путей развития физической мысли получают новое и в высшей степени актуальное значение.

Подход Энгельса к закону сохранения энергии, анализ и оценка этого закона, данная им, представляют собою образцы глубокого принципиального разбора важнейших результатов развития научной мысли XIX в. Более того: Энгельсовский анализ закона сохранения и превращения энергии, полный диалектической многогранности и заостренности, может послужить для современной физики путеводной нитью, лозунгом для дальнейшего ее развития, по единственно правильному марксистско-ленинскому пути, в сторону диалекто-материалистического изучения объективных закономерностей природы, в сторону дальнейшего исследования законов превращения мирового движения вечной материи.

<sup>1</sup> Диалектика природы, стр. 129.

# ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ГАШЕНИЯ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Акад. С. И. ВАВИЛОВ

В 1700 г. в Париже капуцин Франсуа Мари опубликовал небольшую брошюру с обязывающим заглавием: „Новое открытие о свете, его измерении и счете ступеней“. Это сочинение, совершенно незаслуженно забытое даже историками науки, по справедливости должно считаться началом новой главы оптики — фотометрии. Здесь вполне ясно намечены ее основные задачи и дан, правда в очень несовершенной форме, метод измерения силы света. Метод Франсуа Мари, который мы в дальнейшем будем называть методом гашения, состоит в том, что измеряемый световой поток ослабляется, гасится, поглощающими стеклами вплоть до полного прекращения зрительного впечатления в глазу. Условной мерой силы света в приборе Ф. Мари служило число стекол, необходимых для полного гашения света. Нам известно теперь, что человеческий глаз действительно имеет так называемый порог зрительного раздражения, т. е. резко прекращает ощущать свет, если световой поток становится меньше некоторой величины, вполне определенной для данного глаза, долгое время (не менее часа) оставшегося в полной темноте. Сам Ф. Мари, а вслед за ним многие астрономы в XVIII и XIX вв., по видимому самостоятельно открывавшие тот же метод гашения, не знали необходимого условия определенности и постоянства зрительного порога — полной темновой адаптации. В их руках метод оказывался очень грубым и неточным и в конце-концов был почти забыт и оставлен.

Задача этой статьи реабилитировать метод Ф. Мари, практически не применяемый теперь в астрономии и почти неизвестный физикам и другим специалистам, которым приходится иметь дело с измерениями силы света. Как уже

сказано, метод гашения состоит в том, что измеряемый световой поток ослабляется возможно точнее до порога зрительного раздражения глаза, адаптированного на темноту. Степень ослабления, которую всегда нетрудно измерить, и служит мерою силы света. Главное и огромное преимущество метода — его исключительная чувствительность: достаточно 50—100 световых квантов (фотонов) в сине-зеленой части спектра, чтобы вызвать заметное зрительное раздражение. Фотографирование при таких интенсивностях при наиболее благоприятных условиях (большая светосила аппарата и максимальная чувствительность пластинок) длится часами, фотоэлементы, даже соединенные со „счетчиками“, очень мало чувствительны в этой области спектра и практически совершенно не отзываются на интенсивности такого порядка величины. Между тем измерения по методу гашения при некотором навыке могут быть выполнены в несколько минут с хорошей точностью. При измерениях протекания слабых световых процессов во времени метод гашения вообще в настоящее время не может быть заменен каким-либо другим.

Необходимое условие применимости метода для точных измерений — постоянство и резкость зрительного порога во время опыта. Наши данные, полученные при весьма разнообразных измерениях, показали, что в течение, по крайней мере, нескольких часов энергетическая величина порога для данного наблюдателя остается неизменной. На основании опыта, накопленного за последние годы в нашей лаборатории, можно даже утверждать, что порог в некоторых случаях практически неизменен для одного и того же наблюдателя в течение нескольких месяцев. Действи-

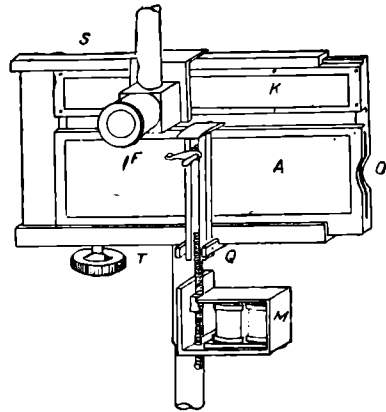
гельным недостатком метода, определившим во многом его непопулярность в астрономии, где он неоднократно предлагался даже при отсутствии знания исходных физиологических фактов, является необходимость полной адаптации и темноты. Для отсчета измерений требуется ассистент или специальное приспособление, позволяющее наблюдателю делать отметки в темноте, не нарушая состояния адаптации глаза. Кроме того, от наблюдателя требуется навык и тренировка глаза, если нужны точные результаты. Работа по методу гашения связана со значительным напряжением и может производиться только в течение сравнительно небольших промежутков времени (4—5 часов с паузами для отдыха).

Даже в области астрономии эти трудности, однако, повидимому вполне преодолимы. По опытам, произведенным А. В. Марковым (1), можно заключить, что для рационального применения метода гашения в астрономии необходимо было бы, во-первых, для ослабления света употреблять нейтральные клинья с несколько меньшей константой, чем обычно; во-вторых, при промерах точечных изображений и малых поверхностей нужно вводить в поле неактивную красную фиксационную точку; в-третьих, необходимо создавать вокруг головы наблюдателя полную темноту; в-четвертых, применять фотометр для метода гашения преимущественно в установках с неподвижным положением головы наблюдателя. В звездной фотометрии для слабых объектов с методом гашения может конкурировать только фотографическая фотометрия, но и то за счет больших экспозиций, не выигрывая при этом в точности. Для слабых звезд с быстрым изменением яркости метод может поэтому иметь несомненное преимущество перед фотографическим. Весьма целесообразно применить метод гашения к измерению Млечного пути, фону неба и другим слабо светящимся поверхностям — точно так же, как к наиболее слабым переменным звездам с быстрым изменением яркости.

В условиях физической лаборатории, сколь это ни странно, метод гашения, поскольку нам известно, никогда не при-

менялся, за исключением одного моего опыта, произведенного лет 15 тому назад (2). Между тем в лабораторных условиях метод вообще не представляет никаких серьезных затруднений и вместе с тем обладает большими преимуществами, позволяющими, как будет видно из дальнейшего изложения, сделать доступными измерению области явлений, ранее остававшиеся совершенно срытыми.

Для фотометрических измерений нужен прибор очень простого устройства. На фиг. 1 изображен фотометр, которым



Фиг. 1.

мы часто пользуемся. Его основной частью является нейтральный серый клин, перемещаемый при помощи кремальеры. Движение кремальеры и ее окончатальная установка может регистрироваться нажимом пера с чернилами на миллиметровую бумагу. Без особых осложнений таким образом можно достигнуть регистрации результатов измерений в темноте. В случае измерения точечных объектов или источников с очень малыми угловыми размерами в поле зрения необходимо поместить фиксационную красную точку. Ее назначение удерживать то место сетчатки глаза, на которое падает изображение измеряемой точки. Чувствительность сетчатки (по крайней мере для сине-зеленой части спектра) возрастает с удалением от центра к периферии, и если глаз фиксирован на вспомогательную красную светящуюся точку, то изображение исследуемой точки находится

Таблица 1

№№	$n$	$f_w$	$F_w$	Максимальные отклонения	
1	15	7.9	2.0	+14	-21
2	14	16.5	4.4	+25	-59
3	13	12.8	3.5	+36	-24
4	10	14.2	4.5	+13	-32
5	16	13.0	3.3	+34	-34
6	7	4.4	1.7	+6	-14
7	14	7.7	2.1	+13	-20
8	13	8.4	2.4	+36	-11
9	14	8.6	2.2	+19	-19
10	16	2.1	0.7	+23	-34
11	16	13.2	3.3	+35	-28
12	7	5.4	2.1	+12	-10
Средн.	13	9.5	2.7	+22	-25

в периферической и притом всегда одной и той же области сетчатки. Осуществление красной фиксационной точки достигается без затруднений. Разумеется, можно работать и с установками еще более простыми, в особенности, если пользоваться помощью ассистента.

Мы обследовали сначала вопрос о точности измерений, получаемых по методу гашения, а также выяснили практически наиболее удобные условия для наблюдений (3). В табл. 1 приведены результаты 12 серий измерений относительной силы света фосфоресцирующего источника небольших размеров, выполненные опытным наблюдателем с фиксационной точкой в угловом расстоянии  $4^\circ$ . Во втором столбце указано число отдельных отсчетов, в третьем и четвертом — вычисленные вероятные ошибки отдельного отсчета и результата.

В последнем столбце приводятся максимальные положительные и отрицательные отклонения от среднего. Среднее приравнено 100, следовательно ошибки выражены в процентах. Серии, соединенные фигурной скобкой, соответствуют наблюдениям, следующим без перерыва. При таких условиях получается весьма хороший средний вероятный результат с точностью приблизительно до 3%. В следующей табл. 2 для сравнения приведены аналогичные данные в хронологическом порядке для другого наблюдателя, ранее никогда не работавшего по методу гашения. Та-

Таблица 2

№№	$n$	$f_w$	$F_w$	Максимальные отклонения	
1	6	26.6	10.8	+120	-60
2	11	37.7	11.1	+151	-60
3	11	23.0	7.6	+53	-47
4	15	11.4	3.0	+28	-27
5	15	14.8	4.0	+41	-18
6	17	12.0	3.0	+41	-29

блица наглядно показывает, как постепенно достигается точность в работе. Точность последней серии приближается к результатам первого более опытного наблюдателя.

Измерение с фиксационной точкой в поле зрения довольно утомительно. Наши опыты показали, что без фиксационной точки точность результата уменьшается приблизительно вдвое. Большая ошибка измерений при отсутствии фиксационной точки несомненно связана с изменением значения порога зрительного напряжения на различных угловых расстояниях от *fovea centralis*. Непроизвольные движения глазного яблока при отсутствии фиксационной точки неизбежно должны понижать точность измерений. Однако измеряемую точку без потери в яркости всегда можно развернуть на сетчатке глаза при помощи линзы в большую поверхность. Для этого достаточно поместить перед глазом линзу так, чтобы изображение точки, даваемое ею, попадало как раз на зрачок глаза (фиг. 2). При таких условиях глаз



Фиг. 2.

видит уже не точку, а равномерно освещенный круг линзы. При наблюдении большой поверхности можно ожидать, что указанное влияние произвольных движений глаза уменьшится и фиксационная точка практически окажется лишней. В табл. 3 приведены измерения для двух наблюдателей. Для более опытного наблюдателя точность при таких условиях, т. е. при развертывании наблю-

Таблица 3

№№	n	$f_w$	$F_w$	Наблю- датель	Максимальные ваблюдения
1	10	6.3	2.0	Б.	+ 12 — 19
2	10	6.7	2.1	В.	+ 21 — 12
3	14	4.6	1.3	В.	+ 12 — 9
4	13	9.0	2.5	С.	+ 23 — 13
5	14	14.1	3.8	С.	+ 23 — 25

даемой точки в поверхность больших угловых размеров, поднялась даже в сравнении с результатами, полученными с фиксационной точкой. Другой наблюдатель, ранее не работавший по методу гашения, также достиг хорошей точности.

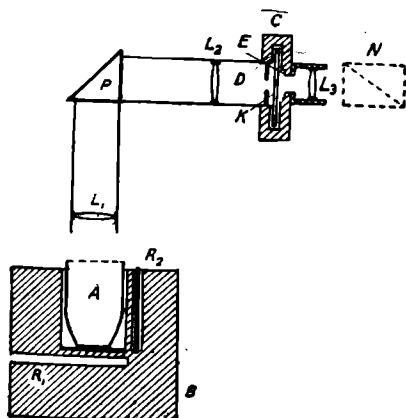
Описанные опыты достаточно доказывают полную пригодность метода гашения для точных измерений и его крайнюю простоту. Метод особенно удобен и прост в случае гашения светящихся поверхностей. Есть основания надеяться, что точность измерений может быть еще увеличена, если перейти от наблюдения непрерывно светящегося источника к медленно (напр., раз в секунду) перемещающемуся свету. В этом случае при установке на пдорг должно исчезать не только ощущение света, но и ощущения мельканий света, к которым глаз особо чувствителен. Вполне осуществимы также, как это легко понять, фотометры, объединяющие метод гашения с обычным методом сравнения двух источников. Такие фотометры, принципиально совершенно безупречные, должны отличаться от обыкновенных огромной чувствительностью и большой точностью в области малых световых потоков.

Для иллюстрации исключительной чувствительности метода упомяну следующий опыт. Наблюдалась флуоресценция раствора флуоресцеина с концентрацией  $10^{-3} \frac{г}{см^3}$ ; флуоресценция возбуждалась концентрированным светом угольной дуги с силою тока 5 ампер. При этом адаптированным глазом легко можно было заметить следы флуоресценции даже в том случае, когда она при помощи фильтров была ослаблена в 100 миллионов раз. Таким образом при помощи метода гашения принци-

пиально возможно производить измерения концентраций флуоресцеина порядка  $10^{-16} \frac{г}{см^3}$ , т. е. в миллионы раз меньше, чем это возможно путем химического анализа. Вследствие рассеяния возбуждающего света отражения и необходимости применять скрещенные фильтры этот предел практически повышается приблизительно до  $10^{-13} \frac{г}{см^3}$ . В течение

описанных опытов мы констатировали, что порог зрительного раздражения остается для данного наблюдателя неизменным, по крайней мере, в течение нескольких часов; поэтому можно было уже обоснованно пытаться применить метод к исследованию различных физических вопросов. В дальнейшем я приведу несколько примеров такого применения, давших результаты, заслуживающие внимания.

Во время опытов над люминисценцией под действием гамма-лучей растворов солей уранила в разных жидкостях П. А. Черенковым (4) было обнаружено свечение не только растворов, но и самих чистых жидкостей. Оказалось, что такое свечение, исключительно слабое по интенсивности, наблюдается у всех чистых жидкостей без исключения, причем степень чистоты жидкости не играет никакой роли, как показали специальные опыты. О крайней слабости этого видимого свечения, вызываемого гамма-лучами, можно судить по тому, что для возбуждения применялся препарат радия в 103 mg, расположенный в непосредственной близости к платиновому тонкостенному сосуду, в который наливалась исследуемая жидкость. Для количественного изучения этого загадочного явления был применен метод гашения. На фиг. 3 дана схема простой установки, применявшейся при этих опытах. Свечение наблюдалось через призму и соответствующие линзы. Ослабление света производилось нейтральным клином. В случае надобности для поляризационных измерений перед глазом помещался николю. Препарат радия в стеклянной трубочке располагался либо вертикально, параллельно платиновому сосуду, либо горизонтально — под сосудом.



Фиг. 3.

Измерения показали, что, несмотря на весьма различное химическое строение исследованных 20 жидкостей, яркость их свечения под действием гамма-лучей колеблется в очень малых пределах — около 18%. Свечение настолько слабо, что его почти невозможно фотографировать, в особенности из-за присутствия в окружающем пространстве рассеянной гамма-радиации, действующей на фотографические пластинки. Метод гашения в данном случае не имеет конкурента. Попытки тушить свечение растворением в жидкостях обычных энергичных тушителей флуоресценции — иодистого калия, нитро-бензола и т. д. — дали отрицательный результат. Интенсивность свечения при этом не изменялась. Точно так же никакого заметного влияния на яркость свечения не оказывает нагревание жидкостей от комнатной температуры до температуры порядка 100°, сопровождающееся, напр., в случае парафинового масла или глицерина, очень большим изменением вязкости. При тех же условиях яркость флуоресцирующих растворов ураниловых солей (напр., в серной кислоте) меняется очень резко. Наблюдение через различные светофильтры с несомненностью показали, что свечение во всех случаях сосредоточено по преимуществу в сине-фиолетовой части спектра.

Наиболее интересно, пожалуй, что во всех исследованных случаях свечение оказалось частично поляризованным, как

обнаружилось при наблюдении через николю в двух взаимно-перпендикулярных положениях. При этом преимущественное направление электрического вектора в отличие от обычных случаев поляризации рассеянного света и люминисценции — параллельно (при поперечном наблюдении) направлению гамма-лучей. Степень поляризации в пределах ошибок наблюдения одинакова для всех жидкостей; именно, в наиболее выгодных условиях, когда действуют практически параллельные гамма-лучи, она составляла около 21%. Для выяснения роли жесткости возбуждающей радиации были также произведены опыты с лучами Рентгена. В большинстве жидкостей видимого свечения не обнаружилось. Светились только диметиланилин, ацетон, парафиновое масло. Результаты опытов с Рентгеновыми лучами согласуются с данными Ньюкомера (5).

Наиболее вероятной причиной универсального видимого свечения под действием гамма-лучей можно считать излучение при торможении комптоновских электронов (6). Жесткость и интенсивность гамма-лучей в опытах П. А. Черенкова были очень большие, поэтому число комптоновских процессов рассеяния, а следовательно, и число рассеянных электронов должно быть в жидкости значительным. Электроны, освобожденные внутри плотной жидкости, могут заметно тормозиться уже на ничтожных расстояниях, что должно сопровождаться излучением непрерывного спектра. Таким образом может возникнуть и слабое видимое излучение, хотя граница спектра торможения и его максимум будут расположены где-нибудь в рентгеновской области. Рассеянный быстрый электрон, проходя прямолинейно в жидкости мимо молекул, в среднем расположенных на одном и том же расстоянии, помимо общего торможения будет периодически модулироваться в своем движении, поочередно ускоряясь и замедляясь. Такая модуляция, как показывает простой ориентировочный расчет, должна сопровождаться усилением длинноволновой части излучаемого электроном спектра. Возможно, что именно это обстоятельство усиливает

видимую часть спектра торможения и делает ее доступной наблюдению. Интенсивность видимого излучения при торможении, в общем, может определяться только числом внешних, слабо связанных электронов в жидкости. Роль внутренних электронов может быть лишь незначительной. Число внеядерных электронов в кубическом сантиметре для различных исследованных жидкостей во всех случаях почти одинаково, что соответствует одинаковой интенсивности свечения, по крайней мере, в отношении порядка величины. Нечувствительность свечения к различным тушающим факторам легко объясняется с точки зрения гипотезы торможения. Рассеяние гамма-фотона и выбрасывание электрона происходят одновременно; следовательно, длительность возбуждения должна быть исчезающе малой, вследствие чего не могут иметь место удары второго рода. Можно сказать даже, что неспособность гамма-свечения к тушению является новым и чувствительным доказательством утверждения об одновременности рассеяния фотона и электрона. По теории Клейна и Нишина рассеянные электроны в случае жестких гамма-лучей пространственно направлены по преимуществу вдоль первичных гамма-лучей. Отсюда непосредственно следует, что электрический вектор излучения при торможении комптоновских электронов будет направлен, главным образом, вдоль гамма-лучей в согласии с опытами П. А. Черенкова. Гипотеза торможения делает, наконец, понятным, что интенсивность свечения при возбуждении лучами Рентгена значительна меньше. В этом случае процессы рассеяния, сопровождающиеся эффектом Комптона, происходят реже, и только самые внешние, весьма слабо связанные, электроны могут обуславливать свечение. Таким образом все свойства нового эффекта качественно свободно объясняются с точки зрения гипотезы торможения. Дальнейшей проверкой предложенного объяснения должна служить зависимость степени поляризации свечения от жесткости возбуждающих лучей. Для лучей Рентгена поляризация должна быть меньше, чем для гамма-лучей. Существенно также ближе и точнее изучить зависимость

эффекта от химической природы жидкости.

Другим примером применения метода гашения к явлениям люминисценции могут служить опыты В. В. Антонова-Романовского (7) над затуханием ленардовских фосфоров в отдельных очень маленьких кристаллах. Многочисленные исследования в этой области в течение 50 лет производились всегда на порошках, состоящих из большого количества различных кристалликов. Законы затухания фосфоресценции должны, вообще говоря, служить наиболее непосредственным путем для понимания кинетики процессов, протекающих в фосфорах. Между тем законы затухания, тысячи раз определявшиеся на порошках, давали всегда чрезвычайно сложную зависимость, не поддававшуюся простой теоретической интерпретации. В отличие от прежних работ В. В. Антонова-Романовский ставил опыты с отдельными кристалликами (с размерами от 10 до 100 микронов). Энергия, излучаемая такими кристалликами, чрезвычайно мала; поэтому обычное фотометрирование крайне затруднительно, его можно применить только для начальных стадий затуханий. Для измерения законов затухания в очень большом интервале времени оказался чрезвычайно удобным метод гашения. Антонову-Романовскому при помощи этого метода удавалось измерять затухание кристаллика с линейными размерами в 70 микронов в 3 миллиона раз. В результате обнаружилось, что закон затухания различен у разных кристалликов, существует определенная связь размеров кристалликов и закона затухания. По мере увеличения размеров высвечивание начинает следовать схеме бимолекулярного процесса, вполне понятного теоретически. В смеси кристалликов разных размеров, которой является обычный ленардовский фосфор, мы имеем дело при затухании со средним статистическим значением, связанным со способом размельчения порошка и не имеющим прямого физического смысла. Опыты Антонова-Романовского подтвердили точность и удобство метода гашения. Антонову-Романовскому удалось в дальнейшем, учитывая конечные размеры сферы действия ленардовских



фосфоров, дать удовлетворительное объяснение всех особенностей законов затухания и таким образом прояснить этот старый вопрос, оставлявший явление фосфоресценции во многом непонятным.

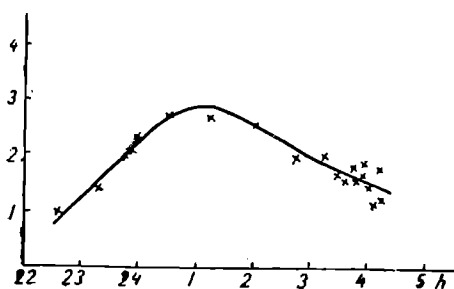
Следующим примером применения метода гашения могут служить опыты Б. Я. Свешникова (8) над хемилюминисценцией известной реакции Трауца при окислении пирогаллола перекисью водорода в присутствии формалина и щелочи. Обычно свечение этой реакции можно наблюдать, в лучшем случае, в течение нескольких минут. Свечение настолько слабо, что до сего времени спектры хемилюминисценции остаются не сфотографированными. При помощи метода гашения Свешников мог измерять затухание света хемилюминисценции в течение нескольких часов, причем и в этом случае измерения оказались достаточно точными, как показали многочисленные повторные опыты. Свешникову удалось доказать, что процесс хемилюминисценции реакции Трауца в весьма сильной степени зависит от вязкости среды. Вязкость, с одной стороны, замедляет процесс, с другой — увеличивает общее количество излученного света, так называемую световую сумму. При переходе от водного раствора к глицериновому световая сумма повысилась приблизительно в 100 раз. Объяснение такой зависимости процесса от вязкости можно искать в ударах второго рода. При возрастании вязкости естественно замедляется скорость химической реакции, что и сопровождается замедлением процесса свечения. Вместе с тем в вязкой среде, за время возбужденного состояния конечного продукта реакции, не успевают произойти тушащие удары второго рода со стороны других компонентов реакции. Метод гашения открывает таким образом, новые возможности исследования кинетики химических реакций в жидких средах, сопровождающихся слабой хемилюминисценцией.

Тот же метод оказался исключительно полезным при исследовании флуоресценции растворов платино-синеродистых солей И. А. Хвостиковым (9). И. А. Хвостиков впервые показал, что

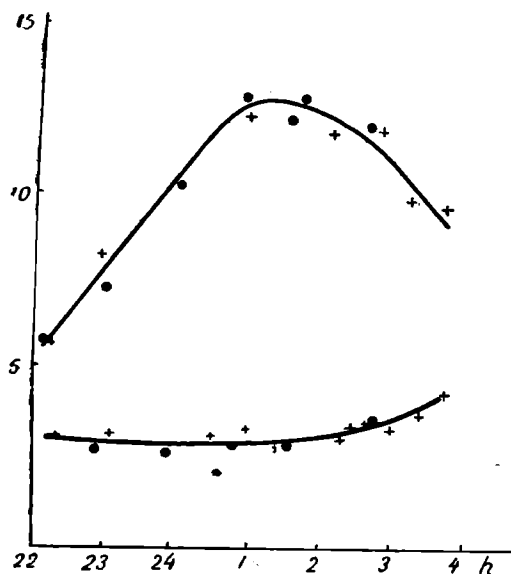
14 растворы платино-синеродистых солей

вообще способны к флуоресценции в жидких растворах. Со времен Стокса это категорически отрицалось, и поэтому возникало предположение, что свечение платино-синеродистых солей в кристаллическом состоянии вызывается присутствием примесей, т. е. предполагалось, что в этом случае мы имеем дело с люминисценцией типа ленардовских фосфоров. Опыты И. А. Хвостикова с несомненностью показали однако, что растворы платино-цианидов флуоресцируют. Обнаружение этой флуоресценции затруднено ее исключительно малой интенсивностью. В прежних исследованиях не обращалось внимания на синюю флуоресценцию, которая всегда наблюдается в обычной, даже дистиллированной воде и других растворителях. Эта универсальная синяя флуоресценция, как лет пять тому назад было показано мною, вызывается посторонними примесями — вероятно, бактериального происхождения. Теперь удалось разработать методы очистки любых жидкостей, в том числе чрезвычайно трудного объекта — глицерина, от этой синей флуоресценции. В опытах И. А. Хвостикова применялись растворители, синяя флуоресценция которых была практически полностью устранена. При этих условиях удалось действительно с несомненностью доказать существование слабой флуоресценции растворов платино-цианидов, в особенности платино-синеродистого калия. Повидимому, при понижении температуры с довольно заметной интенсивностью начинают флуоресцировать и растворы других платино-цианидов.

При помощи метода гашения И. А. Хвостиков мог выполнить всю программу обычных измерений флуоресценции растворов. Он измерил распределение энергии в спектре флуоресценции растворов, изучил поляризацию флуоресценции в зависимости от вязкости, произвел количественные измерения тушения, обнаружил резкую зависимость степени поляризации от длины волны возбуждающего света, определил зависимость выхода флуоресценции от длины волны возбуждающего света, причем нашел, что активной является только длинноволновая ультрафиолетовая полоса абсорбции, в которой выполняется



Фиг. 4.



Фиг. 5.

закон Эйнштейна, в то время как соседняя весьма сильная коротковолновая полоса поглощения оказалась неактивной. Таким образом, благодаря методу гашения, стал доступен во всех отношениях новый объект флуоресценции в жидкой среде, подкупающий своей простотой. Для характеристики эффективности метода гашения достаточно сказать, что выполнение перечисленных измерений фотографическим методом потребовало бы при применении обычных источников света и приборов по меньшей мере 5—6 лет, в то время как количественные измерения И. А. Хвостикова выполнены без особых затруднений в несколько месяцев.

Следующий пример использования метода гашения относится к области

геофизической люминисценции, именно к собственному свечению ночного неба. Во время научной экспедиции на Эльбрус в 1934 г., организованной Академией Наук СССР, методом гашения были впервые произведены точные измерения суточной вариации свечения зеленой линии люминисценции неба. Измерения производились двумя различными группами наблюдателей и несколькими различными способами (10, 11). Одна группа производила измерения через фильтр, предложенный Рэлеем, другая работала при помощи монохроматора, выделявшего зеленую линию 5577 Å. В обеих группах были получены совершенно согласные результаты, которые графически представлены на фиг. 4 и 5. На фиг. 5 верхняя кривая относится к наблюдению с фильтром Рэля, нижняя — к наблюдениям суммарного света. Масштаб во втором случае в 100 раз меньше. На фиг. 5 представлены измерения, произведенные через монохроматор. В обоих случаях по оси абсцисс отложено время. Измерения показывают, что за время ночи интенсивность зеленой линии собственного свечения неба сначала круто возрастает, а затем более медленно спадает. Максимум имеет место около 1 часа ночи. Интенсивность в максимуме в 3 раза больше начальной. При наблюдении через монохроматор удалось производить измерения даже во время сумерек, когда верхние слои атмосферы уже освещаются солнцем; при этом заметного изменения интенсивности зеленой линии не обнаружено. Последняя измеренная точка соответствует высоте солнца в 12°. Полученные количественные результаты дают, несомненно, весьма ценный материал для суждения о природе люминисценции неба и о строении верхних слоев атмосферы. Опыт эльбрусской экспедиции желательно повторить и в других местах земного шара, и измерения такого рода должны стать систематическими. Можно заметить, что и в данном случае метод гашения пока не имеет конкурентов, так как фотографирование, требующее весьма длительных экспозиций, может дать только среднее значение, скрывающее истинный ход вариации излучения во времени.

Во время второй альбрусской экспедиции Академии Наук СССР летом 1935 г. методом гашения удалось произвести измерения поляризации света ночного неба в течение всей ночи. Оказалось, что этот свет поляризован, причем плоскость поляризации регулярно следует за положением солнца, находящегося глубоко за горизонтом. Эти наблюдения доказывают, что общее свечение ночного неба с непрерывным спектром, налагающееся на люминисценцию неба, имеющую линейчатый спектр, вызывается рассеянием солнечного света даже во время самой глубокой ночи. Тем же методом гашения участниками экспедиции измерено распределение энергии в спектре ночного неба в различные часы ночи. Эти совсем новые данные обнаруживают огромную роль люминисценции неба в общем балансе ночного свечения. Итоги альбрусских экспедиций вполне убедительно доказали пользу метода гашения для геофизики атмосферы.

Приведенные достаточно разнообразные примеры, как нам кажется, вполне реабилитируют метод Франсуа Мариа. Мало уступая другим способам по точности, он исключите-

лен по своей чувствительности и простоте и должен занять прочное место в физических лабораториях. Известное замечание Гельмгольца о том, что глаз весьма несовершенный оптический прибор, который следовало бы вернуть мастеру для исправления, не совсем верно. По своей чувствительности в видимой области спектра глаз до сего времени остается не превзойденным инструментом, которым следует научиться пользоваться.

#### Литература

1. А. В. Марков. Доклады АН, 1935.
2. С. И. Вавилов. Известия Физического института 1, 96, 1920.
3. Е. М. Брумберг и С. И. Вавилов. Доклады АН, т. III, стр. 405, 1934.
4. П. А. Черенков. Доклады АН, стр. 451, 1934.
5. Newcomer. Journ. Amer. Chem. Soc. 42, 1997. 1920.
6. С. И. Вавилов. Доклады АН, т. II, стр. 457, 1934.
7. В. В. Антонов-Романовский. Доклады АН, т. II, стр. 105, 1935.
8. В. J. Sweschnikow. Acta physico-chimica. 1935 (в печати).
9. И. А. Хвостиков. Доклады АН, т. IV, стр. 1, 1934.
10. Н. Добротин, И. Франки П. Черенков. Доклады АН, т. I, стр. 110, 1935.
11. А. А. Лебедев и И. А. Хвостиков. Доклады АН, т. I, стр. 110, 1935.

## МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ВЕСА ВЫСОКОПОЛИМЕРНЫХ ВЕЩЕСТВ

Проф. С. Н. ДАНИЛОВ

Природные высокомолекулярные вещества чрезвычайно широко распространены в природе и играют выдающуюся роль в жизни растительных и животных организмов. Находясь на земле в астрономически огромных количествах и обладая многими ценными свойствами, они используются то сами по себе и в виде своих производных, то как исходный материал для получения простейших веществ на основе ферментативных и прочих процессов. Достаточно указать на крахмал, целлюлозу

и ее разнообразные углеводные и неуглеводные спутники, а также на белки, каучук, хитин, чтобы отметить все большее значение этой группы веществ.

С каждым годом завоевывают себе все большие и большие практические применения искусственно полученные высокополимерные вещества, как то: искусственные смолы и синтетический каучук (дивинильный, хлоропреновый и т. п.).

Химическая природа высокополимерных веществ все еще представляет много-

загадок, несмотря на чрезвычайно большие успехи науки за последние годы.

Для объяснения свойств и химической природы этих соединений нужно расширить классические представления о молекуле, валентности и химическом состоянии. Проблема твердого и аморфного состояния вещества найдет более верное и широкое разрешение на основе изучения высокополимерных веществ, имеющих или скрытокристаллическую или аморфностекловидную, как у многих смол, которые являются смесями полимергомологов.

Высокополимерные вещества характеризуются рядом особых свойств. Прежде всего необходимо отметить их малую растворимость и ничтожную летучесть. Они не существуют в газообразном состоянии, так что понятие о молекуле теряет определенность в приложении к этим веществам, на что указал в 1925 г. немецкий химик Бергман.<sup>1</sup>

Определенной температуры плавления они не имеют, даже если и размягчаются при нагревании, как некоторые эфиры целлюлозы.

Природные, биохимически важные, высокомолекулярные вещества — целлюлоза, крахмал, белки — не плавятся, но при сравнительно небольшом нагреве разлагаются. Высокомолекулярные вещества растворяются только в немногих растворителях или не растворяются вовсе. Растворы их очень своеобразны, и являются коллоидными.

Ограниченная растворимость, нелетучесть, устойчивость при разных воздействиях и прекрасные механические свойства (у целлюлозы, природного шелка) в отношении прочности на разрыв, эластичности и прочие ценные свойства обуславливают большое промышленное значение высокополимерных веществ и их огромную роль в природе. Полисахариды и белки легко превращаются в организмах различным образом, выполняют очень ответственные функции и являются важнейшими в биохимическом отношении веществами.

<sup>1</sup> Bergmann, Ber. d. deutsch. Ch. Ges. 59, 2973 (1926).

Молекулы природных высокомолекулярных веществ, при сравнительно простом плане построения, состоят из большого числа атомов и имеют очень большой молекулярный вес.

Молекулы крахмала, целлюлозы и белков состоят из многих основных кирпичиков, роль которых выполняют монозы в полисахаридах и аминокислоты в белках и которые связываются между собою кислородными (углеводы) или азотистыми мостиками (белки), легко гидролизующимися с образованием мономерных форм. Вследствие малой прочности глюкозидных и пептидных связей и высокой реакционной способности мономерных форм углеводы и белки могут в организме синтезироваться и различным образом превращаться.

При выяснении природы всякого органического вещества прежде всего устанавливают состав, величину молекулы, функциональные группы, строение.

Для природных высокополимерных веществ чрезвычайно трудно определить их молекулярный вес, так как к ним мало применимы обычные методы определения молекулярного веса.

На протяжении последних лет велась огромная научно-исследовательская работа на фоне иногда прямо противоположных взглядов на строение и величину молекулы высокополимерных веществ. Очень выукло эти противоречия выявились на двух конференциях. Первая из них происходила на Дюссельдорфском съезде немецких естествоиспытателей и врачей в сентябре 1926 г., вторая, на которой противоречия уже в значительной мере сгладились, во Франкфурте на Майне в июне 1930 г.

Спор шел, прежде всего, о том, какие молекулы у высокополимерных веществ: малые кольчатые или гигантские, цепеобразные.

Молекулы высокомолекулярных соединений представляют собой небольшие циклические ячейки, которые ассоциируются за счет добавочных средств в огромные агрегаты, имеющие свойства гигантских молекул — говорили Гесс, Каррер, Прингсгейм и др.

Молекулы этих веществ построены из длинных гигантских цепей, с огромными молекулярными весами порядка 100 000

и выше, отчего и зависят их своеобразные физические и химические свойства, — возражал Штаудингер.<sup>1</sup>

Мейер и Марк, положив в основание своих взглядов мицеллярную теорию Негели и учение о главных и добавочных валентностях, учтя экспериментальные данные последних лет по рентгенографии и коллоидной химии, синтезировали противоречивые взгляды в стройное учение, известное под названием мицеллярной теории Мейера и Марка.<sup>2</sup>

Разберем вкратце основные соображения, послужившие к развитию только что отмеченных точек зрения на строение высокомолекулярных соединений.

Эмиль Фишер нарисовал в конце XIX в. картину построения полисахаридов и белков в виде цепей. Одновременно с этим, в литературе встречаются мнения в пользу небольших молекул.

Так, напр., Кросс и Бивен (1893 г.) (изобретатели вязкого искусственного волокна) считали, что молекула клетчатки невелика и ей принадлежит кольчатая форма (производное циклогексана), способная к дальнейшей полимеризации вследствие перегруппировки, сопровождающейся перемещением водородных атомов. Эти химики назвали разработанное ими иодное титрование вискозы определением целлюлозного „полимера“ в ксантогенате. Этот термин удержался до нашего времени, хотя не имеет никакого смысла с точки зрения современных представлений о целлюлозе.

Гарриес (1904 и 1923 гг.) предполагал, что молекула каучука составлена из двух или пяти-восьми остатков изопрена, образующих кольцо.

Известно, что уже в середине прошлого века Негели и, на основании исследований в поляризационном микроскопе растительных и животных волокон и крахмала, пришел к выводу, что эти вещества построены из кристаллических частиц, которые, по Негели, называются мицеллами.

<sup>1</sup> Доклады Kolloid Ztschr. 53, Heft 1 (1930).

<sup>2</sup> Мейер и Марк. Строение высокополимерных органических естественных соединений. ГХГИ, 1932.

Негели не задавался тогда вопросом о том, как построена каждая мицелла (иначе кристаллит), предполагая, что она состоит из молекул. Впоследствии Амбронни широко применил поляризационный микроскоп для исследования целлюлозы и нашел, что целлюлоза и ее производные обладают собственным двойным лучепреломлением и, следовательно, являются анизотропными, кристаллическими веществами.

Введенный в науку около 1917 г. метод Дебая и Шерера по рентгенографии скрытокристаллических веществ полностью подтвердил выводы Негели и Амбронни о кристаллической природе целлюлозы. Из исследований Герцога и Янке, Поляний и др. были вычислены размеры элементарного параллелепипеда, т. е. того минимального количества кристаллической пространственной решетки, которое воспроизводит симметрию всей пространственной решетки. Параллельными сдвигами элементарной ячейки в разных направлениях и получается пространственная решетка. Период идентичности на оси волокна оказался равным  $10.3 \text{ \AA}$ , что отвечает протяжению одной целлобиозной молекулы. В двух других направлениях ребра элементарного параллелепипеда равны  $8.6 \text{ \AA}$  и  $7.8 \text{ \AA}$ . Из длины граней элементарного параллелепипеда и моноклинового угла находим объем элементарного параллелепипеда (ячейки), равный  $670 \text{ \AA}^3$ . Отсюда можно рассчитать число глюкозных остатков, приходящихся на каждую элементарную ячейку, учитывая, что часть их приходится на несколько смежных молекул. Число глюкозных остатков или число  $z$  элементарной ячейки равно:

$$z = \frac{v \cdot s}{M \cdot g} = \frac{670 \cdot 1.52 \cdot 10^{-24}}{162 \cdot 1.66 \cdot 10^{-24}} = 4.03,$$

$$v = 670 \text{ \AA}^3 = 670 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3,$$

где

$g$  — вес водор. атома —  $1.66 \cdot 10^{-24}$  г,

$s$  — плотность целлюлозы — 1.52.

Таким образом постоянное число элементарной ячейки целлюлозы можно принять равным 4.

Это, конечно, не доказывает, как одно время думали (1925 г.), что молекула целлюлозы построена не более чем из четырех глюкозных остатков.

Мейер и Марк при создании мицеллярной теории строения целлюлозы основывались на рентгенографических исследованиях, выяснивших размеры элементарного параллелепипеда и размер мицелл.

По Мейеру и Марку мицелла целлюлозы, при длине в 300—600 Å, состоит из пучка глюкозных цепей, называемых цепями главных валентностей. В цепь входит около 60—120 глюкозных остатков, а всего в мицелле таких цепей около 50.<sup>1</sup>

Мицеллы располагаются правильным образом вдоль волокна по винтовой линии (у хлопка) или прямолинейно (у рами). Мицеллярная структура доказана также для фиброина шелка (белковой природы).

Тогда как по Мейеру и Марку целлюлозное волокно строится из мицелл, содержащих длинные цепи глюкозных остатков, причем цепи главных валентностей спаиваются за счет добавочных валентностей, по мнению других авторов (1925—1930 гг.)—Гесса, Прингсгейма и пр.—мицелла строится путем ассоциации ангидридных форм глюкозы за счет остаточных средств гидроксидов и кислородных атомов, образующих мостики.

Существование малых молекул, особенно наглядно, казалось, подтверждалось фактами диспергирования полисахаридов, напр., лишенина при нагревании в глицерине до 240° (лихозан) и получением при некоторых условиях из белков дикетопиперазинов (Абдергальден, 1923—1924 гг., Зелинский, Садиков, 1923—1924 гг., Гольдштримидт, 1925 г.). Серенсен рассматривает белки,<sup>2</sup> как обратимо диссоциирующую компонентную систему.

Штаудингер, изучивший различные многочисленные полимергомо-

гические ряды полимерных соединений, последовательно проводит идею длинных цепей и огромных молекул для целлюлозы, крахмала и белков и пр., руководясь классическими представлениями органической химии о цепеобразном построении молекул природных высокополимерных веществ при участии главных валентностей.

Вопрос об определении молекулярных весов целлюлозы, фиброина и пр. осложняется мицеллярной структурой, так как в растворах можно ожидать полного или частичного сохранения мицелл, а в случае разведенных растворов—распадения до цепей главных валентностей.

Для определения молекулярных весов (или, может быть, размеров мицелл или величины цепей главных валентностей) высокополимерных соединений применяются различные методы, которые можно сгруппировать по разделам: I) физические методы определения, основанные на законах Вант-Гоффа и Рауля; II) химические методы (по конечным реакционным группам); III) коллоидно-химические методы.

## I

**Криоскопия.** Самые обычные методы определения молекулярного веса не дают определенных результатов в применении к высокомолекулярным веществам. По совершенно понятной причине отпадает метод определения молекулярного веса по плотности пара.

Наиболее удобный метод—криоскопический—не может давать точных результатов в случае высокополимерных веществ потому, что по мере увеличения молекулярного веса, при той же весовой концентрации, величина депрессии падает. Однако сторонники ассоциационной точки зрения на строение высокомолекулярных веществ полагали, что методы, основанные на законе Рауля, дают возможность учесть величину таких молекул.

В 1926—1928 гг. Гесс, Прингсгейм, Бергман определяют криоскопическим способом молекулярный вес простых и сложных эфиров целлюлозы.

При концентрации от 0.1 до 0.6% в уксусной кислоте, обычным образом очищенной, получали для ацетилцеллю-

<sup>1</sup> В последнее время Марк высказывается за более длинные цепи главных валентностей, допуская в мицелле 50 пучков по 300 глюкозных остатков, что составит цепь более 1000 Å (статья Марка о структуре целлюлозы. Иск. волокно, 1935 г. № 1, стр. 14).

<sup>2</sup> Koll. Z. 1930, 53, Heft 1, стр. 102.

лозы, триметил- и триэтилцеллюлозы молекулярный вес, отвечающий замещенным глюкозам (ангидриду глюкозы  $C_6H_{10}O_5$ ).

Такие же определения молекулярного веса в запертом эвакуированном аппарате были сделаны для лихенинацетата, картофельного крахмала (Бергман),<sup>1</sup> гликогена и инулина и пр. Всюду при концентрациях 0.1—0.3% молекулярные веса отвечали глюкозану.

Впоследствии (в 1930 г.) Гесс стал очень тщательно очищать уксусную кислоту — дестиллированием, вымораживанием и заботливой фракционировкой, пока не получалась т. пл.  $16.65 \pm 0.02^\circ$  и электропроводность  $K_{18} = 3.24 \cdot 10^{-8}$ , т. кип.  $117.8^\circ$  (760 мм). Но тогда как для ацетата глюкозы в уксусной кислоте получались нормальные цифры, для ацетилцеллюлозы не было заметной депрессии.

Ошибки в определениях молекулярного веса криоскопическим способом зависят от задержки кристаллизации растворителя (напр., у Пуммерера при определении молекулярного веса каучука в бензоле и ментоле), сказывается переохлаждение, температура ванны и пр. Только для полимергомологов с умеренно большим молекулярным весом можно с некоторым успехом применять метод криоскопии. Но и в этом случае образование сольватов с растворителем, а также явления ассоциации часто затрудняют получение сравнимых цифр.

Метод осмотического давления. Молекулярный вес высокополимерных веществ чаще определяют по методу осмотических давлений.<sup>2</sup> Например, еще в 1911 г. Дюкло<sup>3</sup> исследовал осмотическое давление нитроцеллюлоз. Несколько позже (в 1914 г.) Каспари<sup>4</sup> воспользовался этим же приемом для нахождения молекулярного веса каучука. В качестве осмометра служил пористый сосуд, помещенный в ванну и соединенный с трубкой для

подъема жидкости и измерения. В поры стенок сосуда сначала вгонялся бензольный раствор каучука и затем производилась на холоду вулканизация хлористой серой. В сосуд с полупроницаемой перепонкой вливался бензольный или петролейноэфирный раствор каучука, а снаружи растворитель. Между осмотическими давлениями и вязкостью растворов наблюдался параллелизм. Каспари нашел молекулярный вес для каучука равным 100 000, а для гуттаперчи — 40 000.

Однако измерение осмотических давлений затруднительно, а нахождение отсюда молекулярного веса для высокомолекулярных веществ осложняется еще и другими обстоятельствами. Во. Оствальд<sup>1</sup> показал, что осмотические давления ( $P$  — по Вант-Гоффу,  $P_{w-n}$  для сольватизированных зольей) перекрываются давлением набухания или сольватации ( $P_Q$ ). Оствальд считает, что более правильно в случае зольей говорить о мицеллярном, чем о молекулярном весе.

Осмотическое давление можно связать с молекулярным весом следующим уравнением:

$$P = \frac{RT}{M} c + bc^n,$$

где  $P$  — измеренное осмотическое давление,  $c$  — концентрация г в см<sup>3</sup>,  $b$  и  $n$  — константы сольватации, причем особенно характерна константа  $b$ . Молекулярный вес здесь будет тем предельным значением, которого достигает мицеллярный вес при бесконечном разведении.

Вторая часть формулы  $bc^n$  дает давление набухания (сольватации). Таким образом осмотическое давление складывается из вантгоффовского давления и давления сольватации.

Метод осмотических давлений неоднократно применялся для определения молекулярного веса белков, ацетилцеллюлозы и пр.

Метод изотермической дестилляции. Представляет интерес определение молекулярных весов микро-скопическим или макро-скопическим путем по методу изотермической дестил-

<sup>1</sup> Ср. Ann. Lieb. 430, 54 (1923).

<sup>2</sup> См. метод Ulmanн. Z. phys. Ch. A. 156, 419 (1931); 164, 318 (1933).

<sup>3</sup> C. R. 152, 1580 (1911).

<sup>4</sup> Caspari J. Soc. Ch. London, 105, 2139 4).

<sup>1</sup> Koll. Z. 49, 60 (1929).

ляции, примыкающему, по теоретическим основам, к методам криоскопическому и осмотическим давлений. В последние годы метод изотермической дистилляции, предложенный впервые Баргером (1904 г.),<sup>1</sup> применялся для высокомолекулярных веществ.

Метод изотермической дистилляции или, как назвал его Баргер, микроскопический метод определения молекулярных весов, был разработан Баргером по предложению ботаника Эррера (Errega), наблюдавшего при изучении грибов явления, которые можно было объяснить понижением давления паров солевых растворов, на которых культивировались грибы. Метод основан на сравнении давления паров двух растворов, помещенных в виде капель в капиллярную трубку. Разница в давлении паров вызывает изменения в величине капель, измеряемой при помощи окулярного микрометра. Один раствор содержит исследуемое вещество в известной концентрации, а другой — определенную концентрацию стандартного вещества с известным молекулярным весом (напр., азобензол в ацетоне).

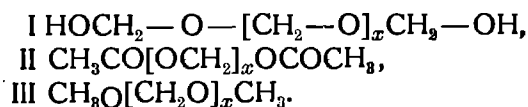
Впоследствии Берль и Гейфтер<sup>2</sup> видоизменили методику Баргера, взяв U-образные капилляры. В колене капиллярной трубочки помещаются растворы. Укрепив трубочку на предметном стекле, выдерживают ее в термостате при 20° и отсчитывают мениски под микроскопом. Постоянные значения получались уже при 4—6-дневном хранении трубочек при постоянной температуре. Еще более усовершенствовал методику Баргера Зигнер,<sup>3</sup> обеспечив вакуум, точность отсчета и большую поверхность слоя, беря прибор для макроскопического измерения с двумя шарами, соединенными между собою и снабженными градуированными измерительными трубами. Растворитель перемещается в шар раствора.

Ульман и Гесс<sup>4</sup> исследовали ацетилцеллюлозу по методу изотермической

дистилляции, сравнивая большую упругость пара растворителя с меньшей упругостью пара ацетонового раствора. Пары обеих жидкостей сообщаются через пористую стеклянную пластинку, происходит в глубоком вакууме переноса из растворителя в раствор до равновесия. Однако полученные величины для молекулярных весов очень низки и мало надежны.

## II

*Химические методы.* Химические методы определения молекулярного веса интересно прилагаются в области высокомолекулярных веществ. Как на общеизвестный из историй химии пример приложения этого метода можно указать на использование серебряных солей для нахождения молекулярного веса кислот (уксусной кислоты). Величину молекулы белков уже давно подсчитывали по содержанию серы, зная продукты распада. Часто определяют молекулярный вес белков по количеству какой-нибудь аминокислоты, содержащейся в продуктах распада в наименьших количествах или по количеству конечных амино-групп и карбоксилатов в белковой цепеобразной молекуле. Если мы имеем смесь белков, то заключения безусловно будут ошибочны. Штаудингер определял конечные группы в полиоксиметиленах (I), обрабатывая их уксусным ангидридом. Разделив ацетаты (II) физическими методами (по разгонке, кристаллизации и пр.), определяли (Штаудингер) для фракций молекулярные веса (по ацетильным числам) и проверяли их для низших членов по осмотическим методам. Аналогично этому можно использовать полиоксиметиленадиметилэфиры (III) для определения молекулярного веса полимеров муравьиного альдегида по метоксильным числам:



Хеуорзс<sup>1</sup> воспользовался (1932 г.) расщеплением хлористым ацетилом

<sup>1</sup> Barger. Ber. 37, 1754 (1904); Journ. Chem. Soc. 85, 286 (1904).

<sup>2</sup> Berl, Heft. Ann. Lieb. 478, 235 (1930).

<sup>3</sup> Signer. Ann. Lieb. 478, 246 (1930).

<sup>4</sup> Ullmann, Hess, Ber. 68, 688 (1945). Ср. Koll. Beih. 34, 12 (1931).

<sup>1</sup> Haworth. Ber. d. deutsch. chem. Ges. A. 65, 60 (1932).



триметилцеллюлозы для того, чтобы определить, есть ли конечные группы в эфирах целлюлозы и какова величина молекулы. Получилась смесь триметилглюкозы и тетраметилглюкозы. Так как тетраметилглюкозы в смеси оказалось около 1%, то отсюда молекулярный вес целлюлозы соответствует 50—100 целлобиозным остаткам и равняется 20—40 тысячам. Мы уже видели, что по Мейеру и Марку размер цепи главной валентности целлюлозы в 2—4 раза меньше. Штаудингер же полагает, что в цепи целлюлозы входит 500—1000 глюкозных остатков. Из своих опытов Хеуорс сделал также и тот вывод, что молекула целлюлозы является открытой цепью, в которой концевые глюкозные остатки содержат по одному лишнему гидроксилу.

Еще стоит отметить метод Бергмана и Махемера,<sup>1</sup> по которому группы определяются по иодному числу путем окисления щелочным раствором иода.

Молекулярный вес рассчитывается по формуле, куда входит иодное число  $IZ$ , т. е. число  $\text{см}^3$  0.1 н раствора иода, идущих на окисление 1 г целлюлозы:

$$M = \frac{\text{г-мол. } J_2}{\text{титр. 0.1 н иода} \cdot IZ} = \frac{20\,000}{\dots}$$

Иодные числа соответствуют медным числам. Для получения более правильных величин нужно, чтобы в целлюлозе не было низкомолекулярных редуцирующих подмесей.

Штаудингер<sup>2</sup> и Фреуденберг применили способ Бергмана и Махемера в своей методике определения молекулярного веса по конечным группам для полимерного гомологического ряда политриацетил-целлюлоглюкан-диацетатов, полученных ацетилированием целлюлозы при разных температурах:

$\text{CH}_3\text{COO}[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{O}\text{COCH}_3)_3]_x \text{COCH}_3$ ,  
находя иодные числа для продуктов после отщепления ацетиллов.

Для характеристики целлюлоз, с точки зрения их чистоты и молекулярных весов, иногда применяют, как Штауб и Грей,

а также Бергман и Махемер<sup>1</sup> фенол-гидразиновые производные и т. д.

Методы определения молекулярного веса по конечным группам имеют значение лишь для не очень высокомолекулярных продуктов, так как при большой длине цепи определение иодного числа, ацетиллов и пр. будет слишком ошибочно.

### III

*Коллоидно-химические методы.* На эти методы теперь возлагаются самые большие надежды при решении задачи об определении величины молекулярных (мицеллярных) весов полимерных веществ. Особенного внимания заслуживают метод ультрацентрифуги Сведберга и метод вязкостей. Менее надежны определения размера частиц по скорости диффузии или по толщине пленок.

Герцог и Крюгер<sup>2</sup> применили метод диффузии, разработанный для определения размера коллоидных веществ, к определению молекулярных весов эфиров целлюлозы (нитроцеллюлозы, ацетилцеллюлозы). Зная коэффициент диффузии, можно найти радиус частиц, а, значит, и величину частиц, если они круглые. Однако для молекулярных весов эфиров целлюлозы этот метод дает очень приблизительные величины.

Некоторое представление о величине частиц можно получить по Адам-Лангмуировскому способу, основанному на определении толщины<sup>3</sup> поверхностных пленок. Большинство эфиров целлюлозы (ацетил-, нитро-, метилцеллюлоза) и различные высокомолекулярные вещества дают filmy большой тонины, равной длине молекул.

Цохер и Штибель усовершенствовали этот метод ультрамикроскопическим изучением поверхности фильма. Для метилцеллюлозы получается толщина пленки (предположительно, длина молекулы) 4.2 Å, для этилцеллюлозы — 5.3 Å, триацетилцеллюлозы — 8.4 Å.

<sup>1</sup> Ber. 63, 322, 1930.

<sup>2</sup> Herzog, Krüger. J. phys. Chem. 33, 179 (1929).

<sup>3</sup> Zocher, Stiebel. Z. phys. Ch. 147, 432 (1930).

<sup>1</sup> Ber. d. deutsch. Chem. Ges. 63, 316, 2304 (1930).

<sup>2</sup> Ber. d. deutsch. ch. Ges. 63, 2331 (1930).

Для белков найдены пленки толщиной 10—20 Å. Однако эти определения молекулярных весов очень условны.

Замечательный метод определения молекулярных весов разработан Сведбергом<sup>1</sup> с применением ультрацентрифуги. Она служит для определения величины частиц в высокодисперсных золях и молекулярных весов высокомолекулярных веществ в растворах.

В этой центрифуге, как и во всякой центрифуге, используется развивающаяся при вращении большая центробежная сила. В ультрацентрифуге Сведберга устранены влияния от трения и конвекции воздуха и тепла, применяется центробежное поле большой интенсивности и гомогенности и имеются приспособления для точного измерения седиментации (осаждения) частиц во время вращения.

Для отсчета применяются два метода: 1) колориметрический, основанный на измерении микрофотометром поглощения света; 2) на основании изменения показателей преломления света в зависимости от изменения концентрации в процессе седиментации. Через вращающийся раствор фотографируется шкала с мелкими делениями, а из смещения делений шкалы определяют концентрацию.

В ультрацентрифугах Сведберга помещают очень маленькие объемы исследуемой жидкости (0.1—1.0 см<sup>3</sup>), сама центрифуга тоже невелика, так что при маленьком радиусе очень быстрое вращение создает высокое центробежное поле. Тогда как в первых моделях ультрацентрифуги Сведберга (1923 г.) центробежная сила превосходила силу земного притяжения только в 500 раз, в новейших моделях 1934 г. она превосходит силу земного притяжения в 900 000 раз и даже в 1 млн. раз (1935 г.). Радиус центрифуги равен 36 мм и высота слоя жидкости — 8 мм, число оборотов 145 000 в минуту. Ротор делается из наилучшей хромоникелевой стали, вращение совершается в разреженном водороде, обеспечено полное статическое и динамическое балансирование.

Ультрацентрифуга дает возможность определения изменений концентрации по установлению равновесия между седиментацией и диффузией. Изображения регистрируются микрофотометром, данные наносятся на кривые, служащие для расчета молекулярного веса по изменению концентрации или седиментационной константы.

Молекулярный вес по изменению концентрации определяется по формуле:

$$M = \frac{2RT \ln \frac{c_2}{c_1}}{(1 - \nu_0) \omega^2 (x_2^2 - x_1^2)},$$

где  $M$  — молекулярный вес,  $R$  — газовая постоянная,  $T$  — абсол. температура,  $C$  — концентрация,  $\nu$  — парциальный уд. объем растворенного вещества,  $\rho$  — уд. вес растворителя,  $x$  — расстояние от оси вращения,  $\omega$  — угловая скорость вращающегося раствора.

Можно также измерять скорость седиментации. Седиментационная константа характерна для каждого рода молекул. Седиментационную константу  $S$  получим, если пересчитать скорость седиментации (осаждения) на единицу поля, поделив на  $\omega^2 x$ . По седиментационной константе рассчитывается молекулярный вес по формуле:

$$M = \frac{RTS}{D(1 - \nu_0)},$$

где  $S$  — седиментационная константа,  $D$  — коэффициент диффузии.

Седиментационная константа является характерной молекулярной константой.

Если вещество однородно, то нет изменений в значениях измеряемой величины на различных расстояниях от оси вращения. Для смеси веществ, обладающих не очень близкими молекулярными весами, имеем перевес одних или других компонентов в разных местах жидкостного цилиндра.

По седиментационной константе можно определить форму молекулы, отличить молекулу шарообразную от вытянутой, цепеобразной.

Для целлюлозы получается именно цепеобразная структура, молекулярный же вес колеблется в пределах от 60 000 до 180 000,<sup>1</sup> в зависимости от предваритель-

<sup>1</sup> Svedberg. Ber. deutsch. ch. Ges. 67, A, 117 (1934); Koll. Ztschr. 67, Heft 1 (1934).

<sup>1</sup> Kramer, Lansing. Nature 133, 870 (1934). 23

ной обработки препарата. Для природной целлюлозы, предположительно, молекулярный вес равен 300 000.

В настоящее время в ультрацентрифуге определены молекулярные веса белков, полисахаридов, полистиролов и др., а также неорганических коллоидов и солей.

Природные белки, в отличие от синтетических коллоидных веществ, гомогенны и высокомолекулярны.

Область применения ультрацентрифуги очень велика, от молекулярных весов 6 000 000 до 1000 и даже до 200. Для таких простых солей, как сулема, был найден молекулярный вес с небольшой сравнительно ошибкой (в 10% от теоретической величины). По седиментационной константе можно определять явления агрегации и диссоциации в биологических средах. Особенно ценно применение ультрацентрифуги для определения молекулярных весов высокомолекулярных веществ.

*Метод вязкостей.* Штаудингер в своих исследованиях внес много интересного в изучение высокомолекулярных веществ. Следуя примеру Э. Фишера (полипептиды), он идет по пути синтеза полимерных цепей и использует для определения молекулярного веса те зависимости числового характера, которые ему удалось установить между молекулярными весами и так называемыми удельными вязкостями.

Штаудингер полагает, что посредством констант вязкости можно определить именно молекулярные веса, так как он считает, что в сильно разведенных растворах высокополимерных веществ содержатся макромолекулы. Основные идеи, которыми руководится Штаудингер,<sup>1</sup> делаются понятными, если разобрать его систематику веществ с большими молекулами с точки зрения коллоидных свойств. Штаудингер делит<sup>2</sup> органические коллоиды на 1) ассоциационные или мицеллярные коллоиды, 2) эйколлоиды, 3) мезоколлоиды и 4) гемиколлоиды.

<sup>1</sup> Монография: H. Staudinger. Die hochmolekulare organischen Verbindungen. Berlin, 1932 (появился в 1935 г. русский перевод).

<sup>2</sup> Ber. d. deutsch. chem. Ges. 63, 1689 (1935).

Первая группа веществ дает коллоидные растворы только в том случае, если нет нормальной растворимости. Вообще же они в соответствующей среде растворяются молекулярно. Такие растворы образуются сахаром в бензоле, углеводородами в воде, водным раствором мыл и красителей.

В эйколлоидах коллоидные частицы тождественны с молекулами. По Штаудингеру у эйколлоидов длина цепи достигает 2500 Å и выше. Еще в 1923 г. Вольфганг Оствальд<sup>1</sup> указал, что при очень большой молекуле вещество является коллоидом само по себе, а не только может находиться в коллоидном состоянии.

Каждая молекула, достигающая размеров от 1 до 100  $\mu$ , показывает коллоидные свойства, так как частицы по размеру более одного микрона уже имеют размеры коллоидных частиц. Для эйколлоида распад на меньшие частицы сопряжен с расщеплением главных валентностей, отчего должно получиться другое вещество. Мезоколлоиды уступают эйколлоидам в величине молекулы, имея длину цепи 250—2500 Å.

Гемиколлоиды состоят из смеси молекул разной величины. Они дают растворы менее вязкие, чем эйколлоиды. В среднем, они имеют меньший молекулярный вес (2000—10 000), чем эйколлоиды и, кроме того, последние однородны. Гемиколлоидные полистиролы можно разложить физическими методами на отдельные фракции, которые охарактеризовываются присущей им растворимостью, температурой плавления, вязкостью раствора и молекулярным весом, иногда очень большим. Синтетические продукты обычно гемиколлоиды, тогда как полисахариды, белки, каучук — типичные эйколлоиды. Длина цепи у гемиколлоидов только 50—250 Å. В гемиколлоидах коллоидные частицы также тождественны с молекулами, как при мезоколлоидах и эйколлоидах. Гемиколлоиды, эйколлоиды и нерастворимые полимеры представляют, по выражению Штаудингера, промежуточные члены между простыми органическими соединениями и твердым углеродом.

<sup>1</sup> Koll. Ztschr. 32, 2 (1923).

Для нерастворимых высокомолекулярных веществ возможно образование суспензидов, т. е. кусочков вещества в тонкодисперсном состоянии, подобно графиту в жидкости.

Исходя из этих представлений, Штаудингер с сотрудниками на огромном материале изучил свойства полимерных продуктов и установил закономерности в отношении их вязкости, определяемой для каждого полимергомологического ряда в одном и том же растворителе, в соответствующей концентрации и прочих сравнимых условиях.

В основном идея определения молекулярных весов по вязкостям не вполне нова. Подобно другим физическим свойствам к вязкостям уже давно пытались прилагать закон аддитивности и вычисляли вязкости для членов гомологических рядов на основании некоторых инкрементов вязкостей, присущих отдельным группам атомов или отдельным атомам молекулы.

Еще Грэм в 1863 г. установил, что в гомологических рядах спиртов, кислот и эфиров вязкости закономерно возрастают с повышением молекулярного веса. Гартенмейстер (в 1890 г.) нашел для гомологических рядов константы отношения вязкости к молекулярному весу.

Дунстен и Толе в 1909 г. дают инкременты  $\lg \eta \cdot 10^5$  для группы  $\text{CH}_2$ , гидроксила, карбонильной группы, углеорода, водорода, двойной связи и т. д. Они пользуются логарифмическим уравнением

$$\lg \eta = aM + b,$$

где  $M$  — молекулярный вес,  $a$  — общая константа,  $b$  — константа, характерная для данного гомологического ряда. По инкрементам можно вычислить вязкости довольно сложных соединений, с достаточно хорошим совпадением с опытной величиной.

Штаудингер на примере синтетических полимерных веществ углеводородного характера, на полиоксиметиленах и т. д. показал, что для членов полимергомологического ряда вязкость с увеличением молекулярного веса растет по предельному закону. Для низших членов можно найти вязкость и молекуляр-

ный вес по какому-нибудь методу, отсюда вычислить константу и определить молекулярный вес высших гомологов.

Нужно вести определения вязкостей и молекулярных весов при малых концентрациях, чтобы не было явлений ассоциации или нераспавшихся мицелл, что Штаудингер допускает для более концентрированных растворов. Вязкости в нормальных случаях меняются пропорционально концентрации.

Явления ассоциации и сольватации являются причиной того, что с подъемом температуры относительные вязкости сильно уменьшаются, больше, чем это соответствует обычному температурному коэффициенту вязкости, так как с подъемом температуры можно ожидать распада продуктов ассоциации и сольватации, образовавшихся при низших температурах. Кроме того, указания на свойства коллоидного раствора можно получить из изменения вязкостей при некотором небольшом давлении (так называемые структурные вязкости). Если нет явлений ассоциации, то при изменении концентрации молекулярный вес должен оставаться постоянным, а вязкости будут меняться пропорционально концентрации.

В основание своих вычислений молекулярных весов по вязкостям Штаудингер положил известные уравнения для выражения относительной и удельной вязкостей, только несколько видоизменив их. Удельной вязкостью Дюкло называет константу  $K$  из формулы Аррениуса, служащей для выражения изменений вязкости при различных концентрациях:

$$\eta_r = 10^{Kc}, \quad (1)$$

где  $c$  — концентрация,  $\eta_r$  — относительная вязкость. Дюкло прилагал эту формулу к нитроцеллюлозным растворам. Константа

$$K = \frac{\lg \eta_r}{c}$$

растет с повышением молекулярного веса. Эту константу Штаудингер называет иначе — концентрационной константой вязкости  $K_c$ . У Дюкло не дается отношения между концентрационной константой и молекулярным весом.

По Штаудингеру<sup>1</sup> можно дать для различных полистиролов, каучука, гуттаперчи и балаты, на основе формулы Аррениуса-Дюкло, константу, находящуюся в простом отношении к молекулярному весу:

$$M = K_c \cdot 10^4. \quad (2)$$

Зная для более простых полистиролов молекулярный вес, можно рассчитать  $K_c$ .

Штаудингер в своих выводах о зависимости между вязкостью и молекулярным весом исходит из той формулы, которую дает Эйнштейн для выражения зависимости между вязкостью раствора и его концентрацией:

$$\frac{\eta_e}{\eta_0} = \eta_r = 1 + a \frac{N\varphi}{v}, \quad (3)$$

где  $a$  — константа,  $N$  — число частичек в объеме  $v$ ,  $\varphi$  — собственный объем частиц, предполагаемых шаровидными.

Если сравнить вязкости в одном и том же растворителе для различных членов одного и того же полимергомологического ряда при соответствующих концентрациях, то можно связать удельные вязкости с молекулярным весом определенной константой. Концентрации необходимо брать небольшие.

Вместо величины  $\varphi$  нужно подставить объем цепеобразной молекулы, которая характерна для природных высокомолекулярных веществ.

Штаудингер предполагает, что вязкости пропорциональны молекулярным весам, которые в свою очередь пропорциональны длине цепи. Он считает более целесообразным принимать за объем молекулы эффективный, а не реальный объем, для того чтобы объяснить быстрый рост вязкости с нарастанием величины молекулы у синтетических полимерных веществ.

Под эффективным объемом понимается объем или „сфера действия“, охватывающая все движения, совершаемые макромолекулами.

Объем, который молекула занимает в растворе, нельзя рассматривать как объем неподвижного цилиндра, соответствующего цепочке, потому что моле-

кула, по Штаудингеру, в разведенных растворах („золь-растворах“) вращается около своего среднего положения вокруг оси, перпендикулярной длине молекулы. Объем, соответствующий такой движущейся молекуле, равен объему плоского цилиндра, диаметр основания которого равен длине молекулы ( $h$ ), а высота равна среднему поперечному сечению молекулы ( $2r$ ).

Таким образом

$$\varphi = \left(\frac{h}{2}\right)^2 2\pi r.$$

Далее запишем, что длина цепи пропорциональна молекулярному весу:  $h = K_2 M$  и обозначим  $a = K_1$ .

Кроме того, в этой же формуле Эйнштейна, вместо величины  $\frac{N}{v}$ , т. е. числа частиц в объеме  $v$ , подставим равную ей величину

$$\frac{N_L \cdot C}{M},$$

где  $C$  — концентрация,  $N_L$  — число Лошмидта — Авогадро (число молекул в граммолекуле вещества),  $M$  — молекулярный вес; обозначим  $\eta_r - 1 = \eta_{sp}$ .

Тогда получим для удельной вязкости:

$$\begin{aligned} \eta_{sp} &= K_1 \frac{N_L \cdot C}{M} \left(\frac{h}{2}\right)^2 \cdot 2\pi r = \\ &= K_1 K_2 \frac{N_L \cdot C}{4M} 2\pi r M^2. \end{aligned}$$

Обозначим

$$K_1 K_2 \frac{N_L}{4} 2\pi r = K_M,$$

где  $K_M$  является молекулярной константой вязкости, характерной для всего полимергомологического ряда. Величина  $K_M$  указывает соотношение между удельными вязкостями и молекулярными весами полимергомологов.

Таким образом получим:

$$\eta_{sp} = K_M \cdot CM. \quad (4)$$

Это уравнение Штаудингер называет „основным законом вязкости“. Определяем  $K_M$  для низших членов полимергомологического ряда, найдя для них удельные вязкости и молекулярный вес, напр., по методу криоскопии или конечных групп, и далее экстраполируем эту величину на высшие члены полимерго-

мологического ряда, что, впрочем, не очень надежно.

На основании измерения вязкостей ацетатов целлюлозы различных степеней ацетоллиза Штаудингер пришел к заключению, что  $K_M$  — константа для всех дериватов целлюлозы, высоко- и низкомолекулярных, имеет одно и то же значение  $10 \cdot 10^{-4}$ . Константа  $K_M$  определяется для каждого полимергомологического ряда при базисно-молярной концентрации  $c=1$  (Grundmolare Konzentration), которая соответствует молярным концентрациям, рассчитанным по молекулярному весу сегмента цепи.

Исходя из вышеуказанной формулы Эйнштейна, Фикенчер и Марк<sup>1</sup> приходят к несколько другому выводу о зависимости между удельными вязкостями и молекулярными весами. Преобразовав формулу Эйнштейна, эти авторы нашли, что удельные вязкости пропорциональны квадрату его молекулярного веса:

$$\eta_{sp} = K \cdot M^2. \quad (5)$$

В противоположность Штаудингеру они предполагают, что в достаточно разведенных растворах высокомолекулярных веществ частицы сольватированы и несут на себе эллиптические сольватные оболочки. В первых своих работах Штаудингер не уделял внимания сольватации.

По Фикенчеру и Марку молекулярные веса растут с повышением вязкостей не так быстро, как по формуле Штаудингера.

С. М. Липатов и Марк<sup>2</sup> указали (1930 г.) на то, что при нормальном вращении молекул во всех измерениях будет описываться не поверхность цилиндра, как принимает Штаудингер, а поверхность шара, диаметр которого равен длине молекулы, что и приводит к вышеуказанному уравнению (5).

Уравнение Штаудингера для закона вязкостей дает возможность определить для полимергомологического ряда молекулярный вес, зная удельные вязкости для сильно разведенных растворов. Марк указал на то, что в растворах

высокополимерных веществ существуют изогнутые и скрученные нитевидные молекулы, в изгибах которых задерживается (геометрически связывается, иммобилизуется, по выражению В. Оствальда) некоторая часть растворителя. Это является причиной более быстрого возрастания удельных вязкостей, чем прямо пропорционально длине цепи. Поэтому Марк предлагает ввести<sup>1</sup> добавочный член в формулу Штаудингера:

$$\eta_{sp}/c = K_M M + a M^2, \quad (6)$$

где  $a$  равно небольшой величине (около 0.2).

Для высших членов полимергомологического ряда необходимо принимать в расчет добавочный член, для низших же членов достаточно формулы Штаудингера.

В работах 1932 г.<sup>3</sup> Штаудингер расширяет приложение своей формулы на вещества разветвленной углеродной цепи, вводя новое понятие — „эквивалентный вес цепи“ (Kettenequivalenten Gewicht). До сих пор Штаудингер сравнивал продукты одного и того же полимергомологического ряда. Для очень большого ряда веществ были определены константы  $K_M$  для парафинов, полипренов, полипренов, полиизобутиленов, полистиролов, полиинденов и пр. Константы, конечно, различны. Число углеродных атомов мономерной молекулы, которые участвуют в построении цепи, различно. Если в каждой мономерной частице рассматривать только те углеродные атомы, которые входят в прямую углеродную цепь, и разделить вес мономера на число этих углей, то получим вес одного углеродного атома цепи, названный Штаудингером „эквивалентный вес цепи“. Таким образом мы раскинем вес мономера равномерно на отдельные углеродные атомы цепи. Эквивалентный вес тем больше, чем меньше цепь, чем она разветвленнее. Следовательно, молекулы полимергомологических рядов при равной длине, т. е. при одинаковом числе углеродов прямой цепочки, имеют различный молекуляр-

<sup>1</sup> Koll. Ztschr. 49, 135 (1929).

<sup>2</sup> С. М. Липатов, Высокополимерные соединения. Гизлегрпром, 1934 г.

<sup>3</sup> Mark. Trans. Far. Soc. 29, 234 (1933); Марк. Физика и химия целлюлозы. Химтеорет., 1935, стр. 102.

<sup>3</sup> Ber, 65, 268, 1932.

ный вес. Чем больше при данном молекулярном весе эквивалентный вес цепи, тем короче цепи.

Число углей цепи (длина молекулы) =  
= мол. вес : эквив. вес цепи. (7)

Константы для цепи-эквивалентных растворов (но не для сегментно-молярных или мономерно-молярных) обозначаются  $K_{\text{аеqu}}$ .

Тогда как  $K_M$  для них всех различны,  $K_{\text{аеqu}}$ , очень близки при молекулярных весах около 10 000. Это означает, что углеводороды с нитеобразной молекулой равного молекулярного веса имеют в цепи-эквивалентных растворах в том же растворителе (бензол, тетралин) равную удельную вязкость, при условии, что имеем дело с разведенными растворами. Можно рассчитать удельную вязкость цепи-эквивалентного раствора углеводорода в разведенном тетралиновом растворе:

$$\eta_{sp(\text{аеqu})} = K_{\text{аеqu}} \cdot M = 0.85 \cdot 10^{-4} M. \quad (8)$$

Интересно, что наблюдения на ряде примеров дали полное совпадение вычисленных и найденных величин.<sup>1</sup>

Экспериментальные данные последних лет, полученные в лаборатории Штаудингера при изучении вязкостей и растворителей полистиролов, заставили Штаудингера сделать дальнейшие изменения формулы „основного закона вязкости“ и отказаться от некоторых своих прежних предположений. Хотя он и ранее учитывал роль растворителя в том отношении, что определял вязкости для полимергомологов в одних и тех же растворителях при постоянных концентрациях, но не уделяя явлениям сольватации достаточного внимания. В новейших работах Штаудингер сообщает, что удельные вязкости зависят от природы растворителя. В хороших растворителях удельные вязкости полимера значительно выше, чем в плохих, так как в первых степень сольватации в несколько раз больше.

Поэтому необходимо определять удельные вязкости в хороших раствори-

телях для данного вещества, определяя молекулярный вес по формуле (4)

$$\eta_{sp} = K_M CM,$$

Штаудингер предлагает<sup>1</sup> новую формулу для выражения молекулярного веса, пригодную не только для разведенных („золь-растворов“), но и для более концентрированных растворов („гель-растворов“):

$$M = \frac{K_{st} - 0.17}{1.5 \cdot 10^{-5}} = \frac{2}{3} \cdot 10^5 (K_{st} - 0.17), \quad (9)$$

где  $M$  — молекулярный вес,  $K_{st}$  — константа подъема (Steigungskonstante). Эта константа не зависит от природы растворителя и температуры и связана с удельной вязкостью следующим выражением:

$$\lg \frac{\eta_{sp}}{C} = K_{st} \cdot C + \left[ \lg \frac{\eta_{sp}}{C} \right]_{C \rightarrow 0}.$$

Для предельной концентрации  $C$ , стремящейся к нулю, находят  $\lg \frac{\eta_{sp}}{C}$ . Константа  $K_{st}$  растет с увеличением молекулярного веса.

Эти сложные выражения уже гораздо менее удобны для применения, чем первоначальная формула Штаудингера.

Недавно Сакурада<sup>2</sup> сравнил свойства вязкости синтетических и природных высокополимерных веществ, изучая зависимость между удельной вязкостью  $\eta_{sp}$ , концентрацией раствора и величинами  $a$  (фактор вязкости, зависящий от формы и заряда частиц) и  $\varphi$  (удельный объем вещества), входящими в формулу Эйнштейна [см. ф-лу (3)] и в новую формулу, предложенную Сакурада. Учитывая различие в изменениях величины  $a$  для природных и синтетических высокомолекулярных веществ, Сакурада приходит к выводу, что обе эти группы веществ различны по строению.

Формула Эйнштейна в исследованиях Фикенчера и Марка<sup>3</sup> получила еще другое видоизменение для определения молекулярных весов. Они считают, что

<sup>1</sup> Staudinger, *Heuer. Z. phys. Ch. Abt. A.*, 171, 129 (1934).

<sup>2</sup> Sakurada, *Ber. d. deutsch. chem. Ges.* 67, 1045 (1934).

<sup>3</sup> *Koll. Ztschr.* 49, 135 (1929).

вязкости растворов высокомолекулярных веществ сильно зависят от явлений связывания растворителя путем сольватации и иммобилизации. Частицы высокополимерных веществ в растворе окружены как бы „шубкой“ растворителя. При сольватации частиц коллоида растворитель сочетается с ними за счет химических добавочных средств. Мерой этой химической сольватации служит тепловой эффект растворения и набухания. Молекулы растворителя захватываются как бы геометрически — иммобилизуются — частицами высокомолекулярного вещества, причем существенное значение имеет форма самих частиц. Высокие вязкости высокомолекулярных веществ обуславливаются явлениями сольватации и иммобилизации. Вязкость должна возрастать даже в разведенных растворах в зависимости от концентрации не прямолинейно, а по некоторой кривой. Фикенчер и Марк вводят в уравнение Эйнштейна поправку на объем, занятый самими частицами. В знаменателе из объема раствора  $v$  вычитаем объем сольватизированных частиц:

$$\frac{\eta_c}{\eta_0} = \eta_r = 1 + a \frac{N_\phi}{v - N_\phi}$$

Это уравнение можно переписать в другой форме, если принять объем раствора  $v = 100 \text{ см}^3$ , а величину  $N_\phi$  заменить через  $bc$ , где  $b$  („сольватный объем“) — равно объему, занимаемому 1 г растворенного вещества в растворе,  $c$  — объемная концентрация,  $a$  — постоянная, равная 2.5.

$$\eta_r = 1 + 2.5 \frac{bc}{100 - bc} \quad (10)$$

Отсюда, зная вязкость и концентрацию, вычисляем сольватный объем  $b$  и далее находим молекулярные веса, пользуясь уравнениями также Фикенчера и Марка, связывающими молекулярные веса и сольватные объемы или концентрации:

$$M_1 : M_2 = \sqrt{b_1} : \sqrt{b_2} \quad (11)$$

$$M_1 : M_2 = \sqrt{c_2} : \sqrt{c_1} \quad (12)$$

Эти уравнения основаны на предположении, что удельные вязкости пропорциональны квадрату молекулярного

веса. Необходимо, чтобы объем дисперсной фазы был невелик по отношению ко всему объему раствора, так как только при этом условии будет отсутствовать взаимодействие (пересечение) сольватных оболочек ( $bc$  не должно превышать 30—35% общего объема).

Пересечение сольватных оболочек сказывается в отклонениях истечения из вискозиметра от закона Хаген-Пуазейля (по которому в области малых давлений  $pt = \text{const}$ ), выражающихся в заметной структурной вязкости раствора в области малых давлений (когда  $pt \neq \text{const}$ ). Поэтому нужно применять для измерения мало концентрированные растворы.

Нахождение молекулярных весов по сольватному объему не представляет экспериментальных трудностей, но значения, получаемые для молекулярных весов, указывают только на порядок величин, не претендуя на большую точность.

Фикенчер<sup>1</sup> нашел интересную эмпирическую зависимость между вязкостью и концентрацией, по существу весьма сходную с упомянутой выше формулой Дюкло-Аррениуса (1) и отличающуюся от последней тем, что вместо константы  $K_c$  находится в показателе сложное выражение, заключающее новую константу  $K$ , получившую название коэффициента собственной вязкости (Eigenviscosität). Формула Фикенчера выражается следующим образом:

$$\eta_r = 10 \left( \frac{aK^2}{1 + bK_c} + K \right) c \quad (13)$$

Коэффициент собственной вязкости  $K$  характеризует любой член полимергомологического ряда,  $a$  и  $b$  — универсальные константы:  $a = 75$ ,  $b = 1.5$ .

Для нахождения  $K$  нужно определить относительную вязкость  $\eta_r$  в той области, где вязкость раствора подчиняется закону Хаген-Пуазейля.

Растворы веществ, для которых

$$K \cdot 10^3 < 100,$$

не показывают структурной вязкости. Коэффициент собственной вязкости пропорционален выражению:  $\sqrt{b}$ , где  $b$  —



сольватный объем, а следовательно, пропорционален и молекулярному весу, что следует из уравнений Фикенчера и Марка (ур. 11 и 12).

Молекулярный вес, вычисленный по формуле Штаудингера  $\eta_{sp} = K_{MS}M$  (основному закону вязкости), пропорционален квадрату собственной вязкости:<sup>1</sup>

$$\eta_{sp} \cong 2.302 \text{ ca}K^2.$$

Определения высокомолекулярных весов высокополимерных веществ по методу вязкостей, начатые в 1925 г. по инициативе Штаудингера, привели, как мы видим, к нескольким интересным зависимостям, формулированным самим Штаудингером и другими исследователями (Фикенчер, Марк).

Эти методы оказывают большую помощь при исследовании высокополимерных веществ, хотя и не дают, как и другие методы, совершенно точных величин.

Из многочисленных определений молекулярных весов по различным методам, однако, вытекает тот вывод, что полисахариды (целлюлоза, крахмал и т. д.), белки, каучук и многие искусственно полученные вещества (полистиролы, полиэтиленовые окиси, полиоксиметилены и др.) имеют огромные молекулы, обычно цепеобразные, построенные из большого числа основных звеньев, каковы, напр., монозы в полисахаридах и аминокислоты в белках.

Химия высокомолекулярных соединений стоит на верном пути, и залогом этого являются совпадающие результаты для величины молекулярных весов, получаемые по разным методам.

Высокомолекулярные соединения, имеющие исключительно большое биохимическое и техническое значение, привлекают к себе пристальное внимание химиков, биологов, физиков и технологов.

## К ГЕОХИМИИ ПЛАТИНЫ

Проф. О. Е. ЗВЯГИНЦЕВ

По своему положению в таблице Д. И. Менделеева металлы платиновой группы составляют две триады, расположенные под триадой железо—кобальт—никель — в восьмой группе. В непосредственном соседстве с платиновыми металлами находятся, с одной стороны, серебро и золото, с другой — мазурий и рений. Со всеми своими соседями рассматриваемые металлы обнаруживают те или иные черты сходства. Удельный вес платиновых металлов весьма велик по сравнению со своими соседями по периодической таблице. Осмий, иридий и платина принадлежат к веществам с наибольшей плотностью из всех элементов.

Соответственно с этим атомные объемы платиновых металлов по сравнению

с другими элементами являются наименьшими. На кривой Л. Мейера они лежат в глубоких минимумах. По В. М. Гольдшмидту положение элементов на кривой Л. Мейера определяет геохимический характер элемента: элементы, находящиеся на кривой около минимумов атомных объемов, соответствуют глубинным элементам сидерофильным (свойственным металлическому ядру Земли). Элементы, находящиеся на нижней части восходящих ветвей кривых, принадлежат халькофильным, т. е. связанным в сульфидах. Платиновые металлы лежат как раз на границе этих двух частей кривых и потому принадлежат, главным образом, к сидерофильным элементам, обнаруживая в то же время и халькофильные свойства.

Кристаллическая решетка 4 металлов платиновой группы — палладия, родия, иридия и платины — сходна с решеткой

<sup>1</sup> См. сопоставление различных формул для определения молекулярных весов в работе Sakurada, Koll. Z., июнь 1933 г., стр. 311.

меди, золота и серебра; эти металлы кристаллизуются в кубах с центрированными гранями. Осмий и рутений кристаллизуются в гексагональной системе, образуя решетку с наиболее плотной упаковкой. Соседний с осмием рений имеет ту же гексагональную структуру.

Параметры кристаллических решеток платиновых металлов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры кристаллических решеток платиновых металлов

Элемент	Параметры в АЕ			Исследователи
	а	с	с/а	
Рутений . .	2.695	4.273	1.586	T. Barth u. G. Lunde
Родий . . .	3.795	—	—	"
Палладий . .	3.873	—	—	"
Осмий . . .	2.724	4.314	1.584	"
Иридий . . .	3.823	—	—	"
Платина . .	3.903	—	—	"

Близость параметров кристаллических решеток платиновых металлов друг к другу обуславливает весьма легкую растворимость их друг в друге.

Существенно важной величиной для геохимической характеристики элементов являются радиусы их атомов и радиусы ионов. Платиновые металлы стоят в ряду элементов, расположенных по радиусам атомов между 1.24 и 1.40 Å.

Ni, Co, Fe, Cr, Cu, Mn, Zn, Ga, Ge, Ru, Rh, Pd, I, Re, Os, Ir, Pt, Te, As, Mo.

Если из этого ряда исключить элементы, находящиеся в природе в виде ионных кристаллических решеток, то ряд сузится и определится круг элементов, с которыми наиболее вероятно ассоциация платины в металлических и сульфидных решетках.

Ni	Co	Fe	Cr	Cu	Mn
1.24	1.26	1.27	1.28	1.28	1.30
	Zn	Ga	Ge		
	1.37	1.38	1.39		

Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt	Re	Te	As	Mo
1.32—1.38	1.37	1.33	1.40	1.40

Для выяснения вопроса о возможной ассоциации металлов платиновой группы

с другими элементами в ионных решетках необходимо сопоставить их радиусы ионов с радиусами ионов других элементов. К сожалению, имеющиеся данные здесь неполны: имеются определения лишь для некоторых ионов. Радиусы ионов платиновых металлов находятся в ряду между 0.70 и 0.60 Å:

V<sup>III</sup>, Cr<sup>III</sup>, Ga<sup>III</sup>, Ti<sup>III</sup>, Mn<sup>III</sup>, Fe<sup>III</sup>, Rh<sup>III</sup>, Ti<sup>IV</sup>, V<sup>IV</sup>, Ru<sup>IV</sup>, Mo<sup>IV</sup>, W<sup>IV</sup>, Re<sup>IV</sup>, Os<sup>IV</sup>, Ir<sup>IV</sup>, Nb<sup>V</sup>, Ta<sup>V</sup>, Al<sup>II</sup>, Mn<sup>IV</sup>.

В табл. 2 привожу величины радиусов ионов.

Таблица 2

Радиусы ионов металлов платиновой группы

Элементы	По Гольдшмидту	По Паулингу	Примечание
Рутений . .	0.65 +	0.63	
Родий . . .	0.68 +	—	
Палладий . .	—	—	Не опред.
Осмий . . .	0.67 +	0.65	
Иридий . . .	0.66 +	0.64	
Платина . .	—	—	Не опред.

Исходя из того, что один валентный электрон уменьшает радиус иона на величину, близкую к 0.2 Å, можно вычислить вероятные радиусы ионов Pt<sup>II</sup>—0.98 и Pt<sup>IV</sup>—0.58. Величина для Pt<sup>IV</sup> чрезвычайно близка к радиусам ионов Mn<sup>IV</sup> и Al<sup>III</sup>, особенно первого. Принимая во внимание сходство марганца с платиной в других отношениях (атомные объемы, химические соединения), можно ожидать, что при низких температурах в процессах осаждения из растворов эти элементы будут ассоциироваться.

Некоторые химические свойства металлов платиновой группы представляют для геохимика большой интерес. Эти металлы образуют очень большое число химических соединений. Однако большинство соединений устойчиво лишь при температурах ниже 1000°; при высоких температурах они диссоциируют.

Кислородные соединения платины образуются лишь с трудом, из-за образования защитной пленки окисла на поверхности металла. При температуре красного каления окислы платины диссоциируют. Спутники платины окисляются гораздо легче платины. В форме

порошка все они окисляются при нагревании на воздухе, давая соединения:  $RuO_2$ ,  $Jr_2O_3$ ,  $Rh_2O_3$ ,  $Pd_2O$  и  $PdO$ , а осмий дает летучий окисел  $OsO_4$ . При температурах выше  $800^\circ$  окислы платиновых металлов диссоциируют. В форме окислов металлы платиновой группы гораздо легче подвергаются действию щелочных и кислых растворителей, чем в металлическом состоянии.

Галлоидные соединения платиновых металлов устойчивы при низких температурах, при высоких — диссоциируют.

Наиболее прочны хлористые соединения. В табл. 3 привожу температуры диссоциации некоторых соединений платины и иридия.

Таблица 3.

Температуры диссоциации химических соединений платины и иридия

Соединения	$t^\circ$ диссоциации	Соединения	$t^\circ$ диссоциации
$PtCl_4$ . . .	370	$IrCl_4$ . . .	150
$PtCl_3$ . . .	435	$IrCl_3$ . . .	763
$PtCl_2$ . . .	582	$IrCl_2$ . . .	773
$PtBr_4$ . . .	180	$IrCl$ . . . .	798

Все галлоидные, цианистые, роданистые, азотистые и другие соединения платиновых металлов за немногими исключениями очень легко восстанавливаются органическими и минеральными восстановителями. Очень часто при восстановлении из растворов солей получают металлы в форме прочных суспензий.

Сернистые, мышьяковистые и сурьмянистые соединения платиновых металлов очень устойчивы как против химических воздействий, так и при воздействии высоких температур.

Сернистые соединения платины  $PtS$  и  $PtS_2$  различаются по своей устойчивости: в то время, как  $PtS_2$  растворимо в царской водке и разлагается при температуре  $600^\circ$ ,  $PtS$  чрезвычайно стойко.  $PdS_2$  не обладает такой стойкостью, диссоциирует при температуре около  $600^\circ$  на  $PdS$  и  $S$ .  $PdS$  — более стойкое соединение.

Сульфид рутения  $RuS_2$  нерастворим в кислотах и царской водке и выдержи-

вает нагревание до  $1000^\circ$ , таким же прочным является сульфид осмия  $OsS_2$ .

Сульфид иридия  $IrS_2$  разлагается при температуре  $700^\circ$  на моносульфид и серу, моносульфид  $IrS$  диссоциирует при еще высшей температуре  $750^\circ$ . Таким образом сульфиды платины,  $PtS$ , палладия  $PdS$  и рутения  $RuS_2$  являются наиболее устойчивыми по отношению к нагреванию и к химическим реагентам. Эти сульфиды мы, поэтому, встречаем в природе в виде минералов: куперита, браггита и лаурита. Подобную же картину дают селениды и теллуриды платиновых металлов. Некоторые из соединений платиновых металлов с сурьмой и мышьяком также чрезвычайно стойки. Этим объясняется существование в природе мышьяковистой платины (сперрилита) и сурьмянистого палладия (стибиопалладинита), недавно открытого в южноафриканских рудниках.

Чрезвычайный интерес представляют кристалло-химические отношения сульфидов, селенидов, теллуридов, арсенидов и антимонидов платиновых металлов к некоторым соединениям железа и никеля.

Изучение кристаллических решеток перечисленных соединений показало, что большая их часть построена по типу решетки пирита и с параметрами, близкими к параметрам пирита. Так, напр. сперрилит ( $PtAs_2$ ), дисульфид рутения (лаурит,  $RuS_2$ ), сульфиды родия и иридия, диантимониды платины и палладия и др. построены по типу пирита.

Менее распространены, но также часто повторяются решетки типа арсенида никеля ( $PdSb$ ,  $PtSb$ ).

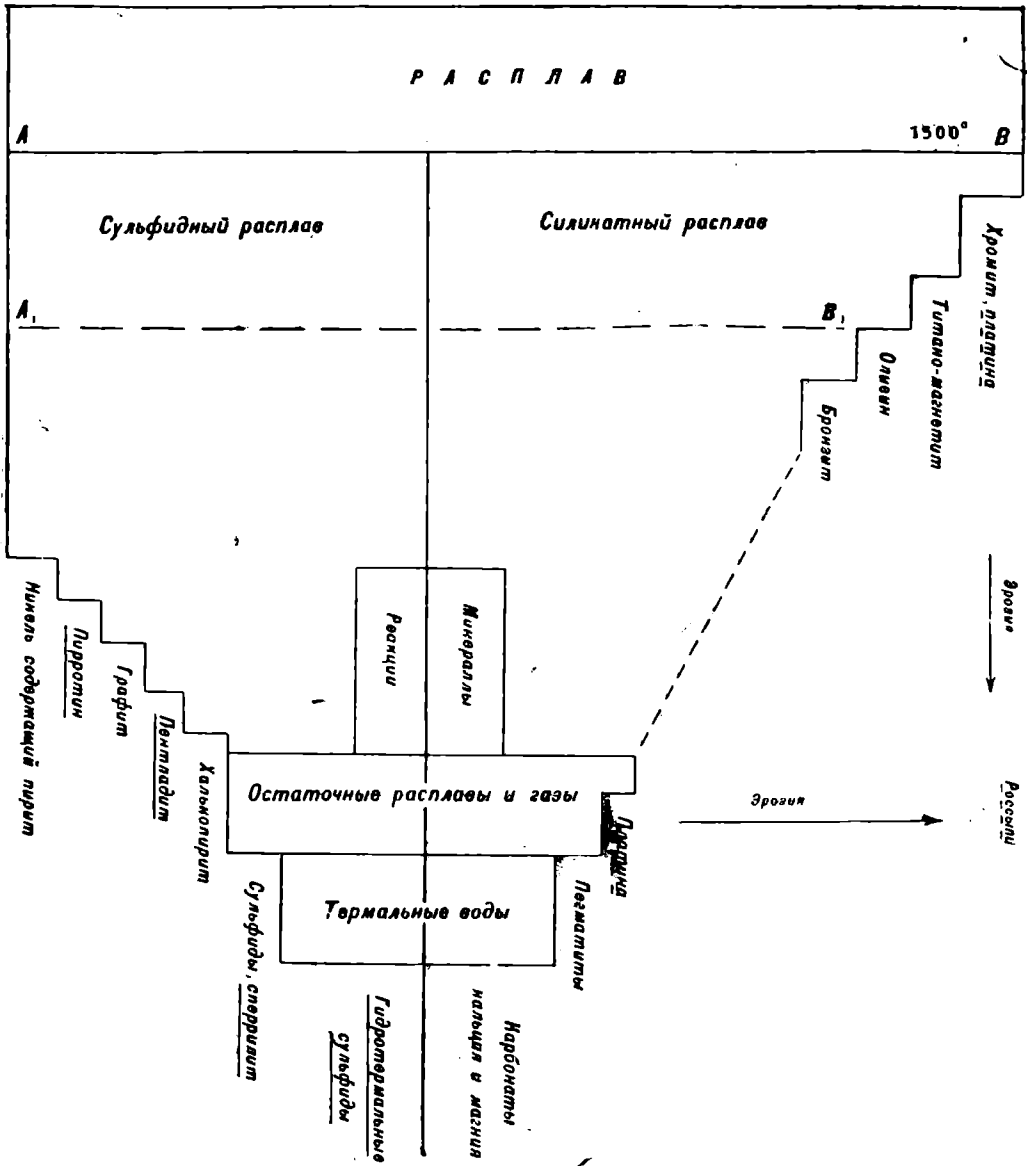
Такого рода сходство кристаллических решеток устойчивых соединений металлов платиновой группы с решетками весьма распространенных минералов, как пирит и др., заставляет предполагать существование изоморфных смесей или твердых растворов этих соединений в сульфидах железа и никеля.

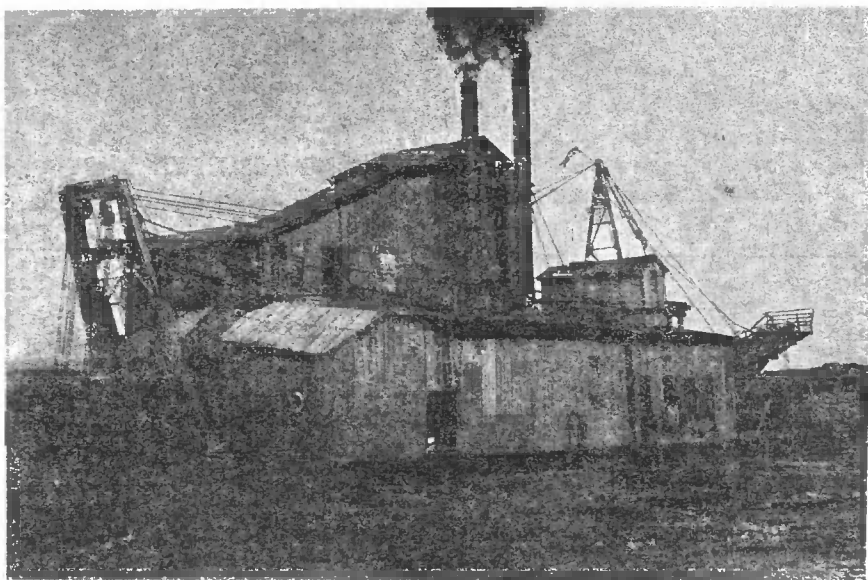
Так в действительности и есть: в месторождениях никелевых руд типа Седбёри (Канада) палладий и платина находятся в виде твердого раствора их соединений в никелистых сульфидах.

Возможно также ожидать и другого рода ассоциаций платиновых металлов:

# ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СХЕМА

## ОБРАЗОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ





Драга на платиновых приисках Урала.

в некоторых случаях может не оказаться условий для растворения соединений платиновых металлов в сульфидах других металлов. Тогда может проявиться склонность ассоциироваться с сурьмяными минералами.

Многие соединения металлов платиновой группы с селеном, теллуrom, мышьяком и сурьмой ясно выражены и весьма устойчивы. Мы должны, поэтому, ожидать у платиновых металлов проявления склонности образовывать не только сернистые соединения, но и „шейзы“, которые являются промежуточными между металлическим состоянием и сульфидами.

Гольдшмидт, Ноддак, Шнейдергён, Ферсман и другие исследователи в своих работах выяснили геохимический характер платиновых металлов. Установлено, что платина более сидерофильна, чем халькофильна, и более халькофильна, чем литофильна. Палладий имеет большую склонность к халькофилии, чем другие элементы этой группы.

34 Значительно продвинулось изучение минералов платиновой группы. За последние годы было открыто три новых минерала (см. Природа, 1934, № 6, стр. 74, и № 9, стр. 73). Подробно исследована структура и состав осмистого иридия.

Большое число работ было посвящено генезису месторождений платины на Урале, в Трансваале, в Канаде и других местах. По вопросу о генезисе месторождений платины уральского типа пока еще нет единогласия: Н. К. Высоцкий, А. Н. Заварицкий, А. Г. Бетехтин, С. Ф. Жемчужный и др. придерживаются магматической теории (т. е. полагают, что платина выделилась при застывании жидкой расплавленной магмы), в то время как А. П. Карпинский, В. И. Вернадский и др. защищают иную теорию пневматолитического и даже гидротермального происхождения платины (т. е. полагают, что платина выделилась из газов и даже из водных растворов). Спор этот еще не может считаться завершенным, но новые данные заставляют полагать, что обе теории верны, т. е. уральские месторождения содержат платину и магматическую и более поздних периодов кристаллизации.

Для месторождений Ю. Африки генетическая схема дана П. Вагнером и Шнейдергёном. Развивая и распространяя эту схему на все месторождения, я пришел к схеме, изображенной на стр. 33. Вверху схемы — расплав, который при температуре ниже  $1500^{\circ}$  (линия *AB* на

чертеже) расслаивается на два: сульфидный и силикатный. Далее при понижении температуры силикатный расплав начинает кристаллизоваться, выделяя хромит, титаномагнетит, оливин и ряд других продуктов дифференциальной кристаллизации. В то время как почти весь силикатный расплав закристаллизовался, начинает затвердевать сульфидный сплав, также выделяя последовательный ряд твердых веществ: никельсодержащий пирит, пирротин, графит, пентландит, халькопирит. При этом жидкие еще сульфиды реагируют с твердыми силикатами, давая ряд осложняющих картину продуктов (минералы реакции). После затвердевания главной массы магмы наступает пнеуматолитическая и, затем, гидротермальная фаза, когда выделяются с силикатной стороны пегматиты и карбонаты, а с сульфидной — ряд минералов поздней кристаллизации. Если расслаивание расплава происходит при высокой температуре (близ  $1500^{\circ}$ ), т. е. до начала выпадения хромита, то платина при распределении между двумя жидкими растворителями попадет, главным образом, в сульфидный расплав, ибо она гораздо более „халькофильна“, чем „литофильна“ и легко дает сульфиды.

При высоких температурах сульфиды и арсениды платины и палладия легко растворимы в сульфидах железа, так как по кристаллической решетке стоят близко к последним и кристаллизуются вместе с пиритом, пирротинном и пентландитом, входя в решетки последних. Мы, таким образом, получаем твердый раствор платиновых металлов в сульфидах. При низких температурах нет достаточных условий такого растворе-

ния, и в сульфидах поздней кристаллизации платина находится в виде сперилита и других соединений, образующих самостоятельные кристаллические решетки.

Таким путем образовались некоторые сульфидные месторождения Ю. Африки (горизонт Меренского), месторождения Канады (Сёдбёри), Норвегии.

Если же концентрация сульфидов в первоначальном расплаве мала, то расслоение расплава произойдет позднее (линия  $A_1B_1$  на схеме), после начала кристаллизации хромита и оливина. Платина, как вещество весьма трудноплавкое, в главной массе выпадет из расплава вместе с хромитом в виде железистой платины. При последующем расслаивании расплава количество платины в нем уже мало и в сульфиды ее попадет немного. В результате такого процесса получились месторождения уральского типа.

Наконец, возможен смешанный тип, образующийся при такой концентрации сульфидов в первоначальной магме, когда расслаивание и кристаллизация хромита и других минералов совпадают. Такие месторождения нам пока неизвестны.

Г. Берг в своем курсе геохимии пишет, что геохимия платины чрезвычайно проста. Из работ последних лет видно, что дело обстоит далеко не так: геохимия металлов платиновой группы так же сложна и многообразна, как и геохимия всякого другого элемента: она начинается в процессе дифференциации первичных магм и проходит через все геохимические циклы до биогенных образований включительно.

# О НЕОБРАТИМОСТИ ЭВОЛЮЦИИ

А. М. СЕРГЕЕВ

Один из крупнейших палеонтологов Франции, Луи Долло, в своем докладе на заседании Бельгийского Геологического общества 25 июня 1893 г. (Dollo, 1893) впервые высказал (в числе двух других) знаменитый закон, вошедший в науку под именем „закона Долло“ или „закона необратимости эволюции“, причем формулировал его так: „... что организм ни целиком, ни даже отчасти не может вернуться к состоянию, уже осуществленному в ряду его предков“.

Или, в форме афоризма: „эволюция... необратима“. Достойно замечания то обстоятельство, что в том же 1893 г. аналогичную мысль высказал Гадов („то, что в течение долгих промежутков времени оказалось филогенетически исчезнувшим, не может возродиться вновь“), но затерянная в специальной работе, не развитая далее автором, она осталась незамеченной (Gadow, 1893).

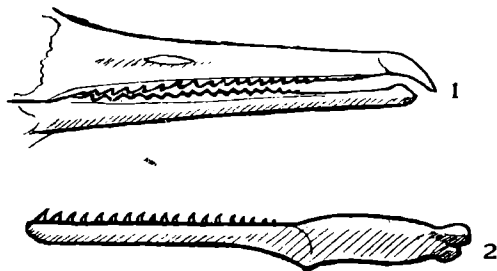
Указанная Долло (Dollo, l. c.) закономерность вызвала ряд оживленных дебатов, во время которых защитники пополнили ее рядом вновь добытых фактических данных и стремились углублять и уточнять формулировку закона (напр., Абель). С другой стороны, критика доходила до полного отрицания необратимости эволюции и даже до утверждения контрзакона „обратимости эволюции или эволюционных циклов“ (Соболев, 1924).

Прежде чем ознакомиться с возражениями против „закона Долло“, приведем несколько иллюстраций к нему и постараемся осветить те пути его практического применения, которые предлагались его автором.

Мы приведем три иллюстрации к „закону Долло“, причем первая, быть может несколько вульгарная, но достаточно убедительная, касается птиц.

Как известно, меловые птицы (*Ichthyornis*, *Hesperornis*) имели прекрасно выработанные зубы. Вымершие на грани третичного и мелового периода, они за-

менились беззубыми формами, принадлежавшими уже к современным группам птиц, среди которых отдельные виды или их группы в силу особенностей экологии вновь приобрели зубчатые края челюстей. Так, у третичного *Odontopteryx toliaphica* нижняя и верхняя челюсти дают сильные зубовидные отростки тех костей, которые слагают данную челюсть.



Фиг. 1. 1 — клюв крохали; 2 — нижняя челюсть меловой зубчатой птицы *Ichthyornis*.

Так же и среди современных птиц крохали (*Mergus merganser* и т. д.) имеют зубовидные отростки на краях клювов, но уже не костные, а роговые.

Иначе говоря, и у *Odontopteryx* и у питающихся мелкой рыбой крохалей возникли образования, функционально сходные с зубами меловых птиц, но глубоко отличные по строению и генезису, ибо зубы, уже утерянные птицами в процессе эволюции, появиться вновь, согласно взгляду Долло, не могли.

Второй пример касается плавников рыб и целого ряда приспособляющихся к водному образу жизни наземных позвоночных.

Происхождение наземных позвоночных от рыбообразных водных предков представляется достаточно доказанным, причем в качестве вероятного предка можно рассматривать ископаемых кистеперых (*Crossopterigii*), некоторые роды которых (напр., *Saurychthys*) имеют ске-

лет парных конечностей, достаточно близкий к скелету наземных позвоночных.

В течение того огромного пути, который проделали наземные позвоночные в своей эволюции, целый ряд групп вторично приспособившаяся к водному образу жизни. У большинства групп соответственно измененные парные конечности тела выполняли функции близкие или тождественные функциям парных плавников рыб.

Однако ни плавники ископаемых форм (*Ichthyosauria*, *Mososauria* и др.), ни лапы современных китообразных, сирен или ластоногих не являются плавниками рыбы.

Действительно, все они явно расчленены на три отдела, из которых первый (ближайший к телу) представлен одним элементом, второй — двумя и третий, кистевой (в задней конечности стопный) — многими. Число лучей (пальцев) не превышает семи, причем они имеют хондральное происхождение. В то же время у рыб первый отдел представлен большей частью несколькими элементами, второй — обычно совсем отсутствует, а третий содержит разное (обычно больше семи) число лучей, кожного происхождения.

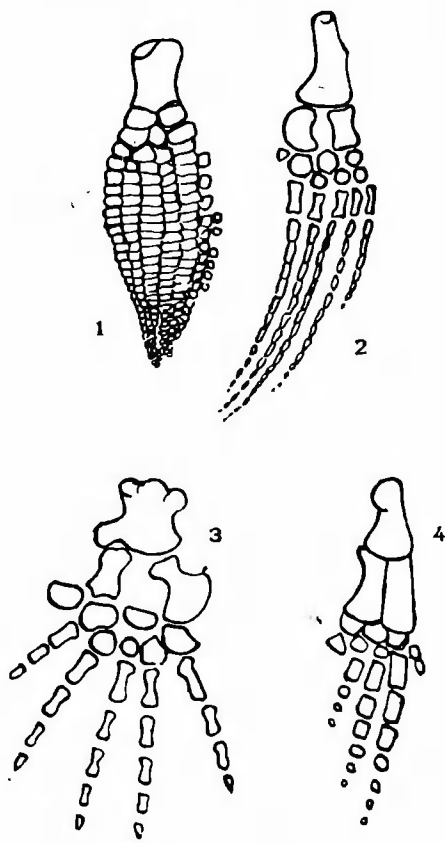
Кроме того, конечности первых прикрепляются в ямке на поясе, а конечности вторых — к выступу пояса.

Несмотря на далеко зашедшую в некоторых случаях специализацию (напр., у *Ichthyosauria*) плавники и лапы этих форм всегда совершенно безошибочно можно отнести к конечностям наземных „четвероногих“ позвоночных.

Следовательно: рыбий плавник, утерянный при переходе к наземному образу жизни, не может вернуться при обратном переходе к водной жизни. Органы, функционально его заменяющие, лишь конвергентны ему в той или иной мере, но его не повторяют.

Точно так же и спинные плавники ихтиозавров и некоторых китообразных имеют лишь самое поверхностное сходство со спинными плавниками рыб, глубоко отличаясь по своему строению.

В качестве третьей иллюстрации можно указать на эволюцию морских черепах, разработанную самим Долло и



Фиг. 2. Лапы: 1 — ихтиозавра, 2 — плезиозавра, 3 — мозозавра (*Clidastes*), 4 — кита (*Phocaena*).

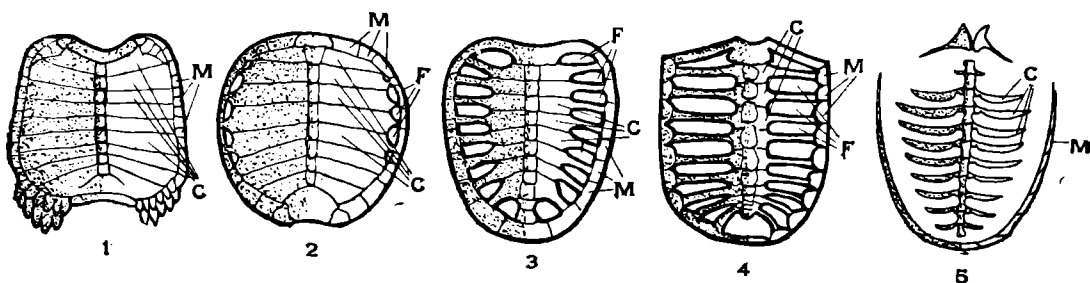
дополненную по новым данным Абе-лем (Dollo, 1903; Abel).

Первые из известных нам черепах *Triassochelys*, *Proganochelys* (триас) со сплошным панцирем и черепом без затылочных фонтанелей рассматриваются как наземные формы (фиг. 3,1).

Уже из верхней юры мы знаем черепах, приспособившихся к водному образу жизни, что сделало ненужным тяжелый сплошной панцирь, имевшийся у наземных форм. Облегчение панциря достигалось образованием отверстий (фонтанелей) между реберными пластинками. У верхнеюрской *Thalassemys* эти отверстия были незначительны (фиг. 3,2), у верхнеюрской же *Toxohelys* фонтанели достигали уже половины длины реберной пластинки (фиг. 3,3).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Рассматривается только спинной панцирь (*Sapax*), брюшной (*Plastron*) дает аналогичную картину.





Фиг. 3. Щиты различных черепах; 1 — *Proganochelys*, 2 — *Thalassemys*, 3 — *Toxochelys*, 4 — *Archelon*, 5 — *Protosphargis*; G — реберные щитки, M — краевые, F — фонтанели.

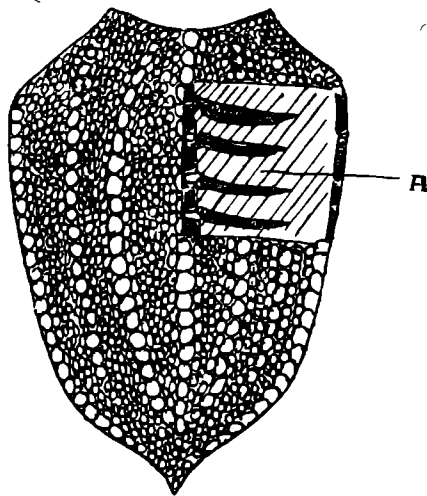
Верхнемеловые формы пошли по этому пути очень далеко: так, у *Archelon* отверстия между реберными пластинками достигают более чем  $\frac{4}{5}$  длины этих последних, так что панцырь становится из сплошного решетчатым (фиг. 3,4). Наконец, у *Protosphargis* фонтанели сливаются, и реберные пластинки отделяются от краевых щитков, теряющих тем самым связь с осевым скелетом (фиг. 3,5).

Грандиозная морская регрессия, развернувшаяся на грани мелового и третичного периодов, вновь „вызвала к жизни“ черепах, приспособленных к прибрежному образу жизни, т. е. создала условия для возврата твердого панцыря. И он появился, но не через обратное слияние реберных пластинок между собой и с краевыми, а как вновь возникшая мозаика из многоугольных костных пластинок, лежащих над первичным панцырем, оставшимся без изменений (т. е. как у *Protosphargis*).

Подобная картина наблюдается у третичных *Cosmochelys* (эоцен) и *Psephophorus* (олиго- до миоцена).

У ныне живущей *Dermochelys*, в связи с обратным переходом к жизни в открытом море, и этот вторичный панцырь у взрослых особей подвергается значительной редукции. Однако у молодых особей он хорошо развит, как видно на фиг. 4, где верхний, вторичный панцырь отчасти снят, чтобы показать ниже лежащий редуцированный первичный (см. схему).

На этом примере мы видим, что возврат сходных с предыдущими условий отнюдь не повел к обратному развитию панцыря, но наоборот — оставив его нетронутым, вызвал новообразование вто-



Фиг. 4. Верхний щит молодой *Dermochelys* из костных пластинок, под ним редуцированный первичный щит (A).

ричного панцыря, сходного с первичным лишь функционально.

Также и вторично закрытый (псевдостегальный) череп некоторых современных морских черепах (*Helone*) оказывается лишь поверхностно сходным, конвергентным с первично закрытым (стегальным) черепом *Triassochelys*, ибо окостенения, составляющие крышу черепа первых и вторых, различны.

Мы не будем умножать примеров. Основная мысль „закона Долло“ ясна и из приведенных; вообще же говоря, „современная палеонтология блестящим образом доказывает его справедливость“.

Перейдем теперь к тому, какую практическую пользу можно, согласно Долло,

<i>Dermochelys</i> <i>Psephophorus</i> <i>Cosmochelys</i>	Пелагическ. Прибрежн. "		Совр. Олигоцен до миоцен Эоцен	} Оба панцыря редуцированы Нижн. панцырь редуцирован Сильное развитие вторичного (кожного) панцыря
<i>Protosphargis</i> (фиг. 3,5) .	Пелагическ.		В. мел.	
<i>Archelon</i> (фиг. 3,4) . . . .	"		В. мел.	Ребра не связаны с краев щитками. Панцырь редуцирован Фонтанели — $\frac{4}{5}$ длины ребра Фонтанели — $\frac{1}{3}$ длины ребра Фонтанели очень маленькие Сплошной панцырь
<i>Toxochelys</i> (фиг. 3,3) . . .	"		В. юра	
<i>Thalassomys</i> (фиг. 3,2) . . .	"		В. юра	
<i>Triassochelys</i> } (фиг. 3,1)	Наземн.		Триас	
<i>Proganochelys</i> }				

извлечь из описанного выше „закона необратимости эволюции“.

Возьмем три последовательных геологических горизонта, каждый из которых населен своей особенной формой, родственной с формами из других горизонтов.

Предположим, что в нижнем горизонте живет форма А с признаками а, b, с, d; в верхнем — форма С с признаками а, b, с, d, e, f, g, т. е. более специализированная, а в среднем горизонте имеем форму В, которая во всем сходна с А, но признак d заменен более специализированным признаком q.

Каковы родственные отношения форм А, В и С?

Согласно Долло, дело обстоит так: поскольку форма С по признаку d более примитивна, чем В, мы не можем допустить, что она от нее произошла, ибо это означало бы возврат к состоянию предков по признаку d, что противоречит „закону необратимости эволюции“.

Возьмем теперь случай так называемого „перекреста специализации“ у близких групп. Например, сросшиеся шейные позвонки и четырехпалая конечность с увеличенным числом фаланг в пределах группы беззубых китов (*Mystacoceti*) — признаки специализации; свободные шейные позвонки и пятипалая конечность — признаки примитивные. При взгляде на прилагаемую схему видно, что у гладких китов (*Balaenidae*) шейные позвонки срослись, но конечность пятипалая, а у полосатиков (*Balaenopteridae*) обратно — шейные позвонки свободны, но конечность четырехпалая. Каковы родственные отношения гладких китов и полосатиков?

Следуя Долло, мы можем ответить так: ни одна из этих групп не могла явиться предковой для другой, так как это неминуемо повлекло бы частичный возврат к состоянию предков. Например, если бы гладкие киты произошли от полосатиков, должен был бы вернуться утерянный пятый палец. При обратном

	Гладкие киты	Киты-полосатики
Специализ.	Шейные позвонки срослись	Четырехпалая конечность Увеличенное число фаланг
Примитивн.	Пятипалая конечность Почти нормальное число фаланг	Все шейные позвонки свободные

соотношению имело бы место разъединение сросшихся позвонков; таким образом предковой группой должна быть такая, которая совмещала бы в себе оба примитивных признака — и пятипалую конечность, и свободные шейные позвонки.

Из изложенных примеров видно, что автор признавал „закон необратимости эволюции“ серьезным оружием для разрешения (разъяснения) запутанных случаев филогенетических отношений, годным не только для палеонтолога, но и для систематика. Наш собственный взгляд на применимость его в подобных случаях мы выясним после разбора тех дополнений и возражений, которым он подвергся.

В качестве попытки развить „закон Долло“ нам следует отметить его формулировку, данную О. Абе́лем (Abel), гласящую, что:

I. Орган, регрессирующий, в течение эволюции, никогда не достигает своей прежней степени развития. Совершенно исчезнувший орган никогда не вернется.

II. Если при переходе к новым условиям существования утрачиваются некоторые органы, то при обратном переходе к прежнему образу жизни эти органы не восстанавливаются, а замещаются деятельностью каких-либо других органов.

Разобранный выше ряд черепов прекрасно иллюстрирует это положение, критику которого мы дадим вместе с критикой авторской формулировки „закона необратимости эволюции“ Долло.

Перейдем теперь к возражениям против закона необратимости.

Возражений, основанных на палеонтологическом материале, очень немного, и, в основном, они строятся на развитии аммонитов. Известный палеонтолог Соболев в ряде своих работ стремился показать, что развитие большинства групп ископаемых головоногих (*Ammonoidea* и *Nautiloidea*) шло циклически, т. е. конечные члены того или иного ряда гораздо ближе к исходной форме, чем средние.

На этом основании Соболев (Соболев, 1924) и сформулировал свой „третий закон биогенеза—закон обратимости эволюции или эволюционных циклов: эволюция есть процесс циклический, онто- и филогенетическое развитие обратимы“.

Не будучи специалистом по аммонитам, не стану вдаваться в критику всего обширного материала, приводимого Соболевым. Отмечу лишь, что, по мнению большинства палеонтологов, устанавливаемые им родственные отношения между различными группами весьма спорны. Даже те из его примеров, которые относительно более общепризнаны, всегда допускают иное и, по меньшей мере, столь же вероятное толкование.

Например, в верхнем мелу появляются аммониты, так наз. *Creidiceratiten* (*Tissotia*, *Heterotissotia* и др.), один из важных систематических признаков кото-

рых — лопастная линия напоминает лопастную линию у сравнительно примитивных триасовых форм. Однако и в этом случае вряд ли можно уверенно говорить о том, что эти формы пошли назад в своем развитии. По меньшей мере, столь же вероятно предположение, что они являются членами ряда примитивных аммонитов, остатки которых из нижележащих слоев нам просто неизвестны, тем более, что онтогенетическое развитие одной из этих форм — *Heterotissotia*, — обследованное Штейнманом, указывает, повидимому, что она никогда не проходила стадии со сложной лопастной линией.

Появившиеся в мелу формы аммонитов с развернутой в той или иной мере или совсем выпрямленной, как у древнейших видов, раковины (*Hamites*, *Vaculites* и некоторые другие), рассматриваемые Соболевым как пример возврата к предковым стадиям, стоят в системе аммонитов особняком и „связь их с более древними аммонитами неизвестна“ (М. В. Павлова, 1928); следовательно, и рассматривать их как формы, пошедшие назад в своей эволюции, нельзя. Доказательства и примеры, приводимые Соболевым из области сравнительной анатомии позвоночных, позаимствованы им отчасти у Сушкина (Сушкин, 1914). Ниже мы их рассмотрим так же, как и явление „атавизма“, упоминаемое Соболевым.

Что касается примеров, приводимых им из области регрессивных форм, то они не выдерживают критики, ибо в них смешиваются понятия морфологического регресса и обратного хода эволюции.

Так, напр., личинки асцидий свободноживущие, с осевым скелетом, органом зрения, отоцитом и т. д., испытывают при превращении во взрослое животное регрессивный метаморфоз и превращаются в сидящий, лишенный органов зрения, отоцита, осевого скелета и т. д. организм.

Еще более глубокий регрессивный метаморфоз испытывают свободноживущие личинки некоторых паразитических рачков. В обоих случаях, согласно закону Мюллера-Геккеля, мы можем утверждать, что высокая организация личинок сравнительно со взрослыми говорит

о морфологически регрессивной эволюции этих последних. Соболев рассматривает подобные случаи, как явление обращения эволюции.

В действительности, однако, регрессивные формы совершенно не сходны со своими предками, хотя бы и очень далекими. Регресс идет, видимо, по новому, отличному от пройденного эволюционирующим организмом пути, и смешение этого понятия с обратимостью эволюции является ошибочным.

Однако некоторые из палеонтологических примеров Соболева, повидимому, достоверны. К ним, напр., относится эволюция формы раковины у моллюска *Planorbis* из в. миоцена. У исходной формы обороты раковины лежат в одной плоскости. В вышележащих слоях начинает подниматься верхушка раковины, затем вся раковина приобретает башенкообразный вид, а потом в еще более высоких слоях вновь уплощается и, наконец, опять делается плоской.

В одном из рядов *Paludina*, исследованном Неймайром, первоначально гладкая раковина превращается в ребристую и далее опять в гладкую и т. д.

Однако помимо того, что исходный и конечный члены ряда никогда не бывают тождественны, а только более или менее похожи друг на друга, возникает вообще вопрос о видовой самостоятельности этих форм. Некоторые авторы [напр., Венц (Wenz, 1922)] считают, что утолщение и изменение формы раковины у *Planorbis* стоит в связи с повышением температуры воды и содержания в ней углекислой извести, происходящими от появления вулканических источников. Когда деятельность последних прекратилась, раковины вновь утончились и сделались плоскими.

Второе весьма обычное возражение выражено в известном афоризме Кокена: „Моря и континенты прошлых веков не были населены схемами“, т. е. что по „закону Долло“, якобы, следует, что предок той или иной группы должен быть лишен всяких признаков специализации.

Очевидная нелепость такого вывода сразу бросается в глаза, если просматривать формы, признаваемые предковыми для той или иной группы. Тот же фено-

менон (предок лошадей) или формы из группы *Eucroedi*, признаваемые за предков современных хищных млекопитающих, — далеко не схемы и, если они примитивны относительно своих потомков, то в отношении предков — наоборот, высоко специализированы.

Возражение это строится на ошибочном представлении, что специализованный признак не может дальше эволюционировать.

Многочисленные возражения предъ- являлись „закону Долло“ и указаниями на „атавизм“, под которым понимается большей частью неожиданное появление по тем или иным причинам в потомстве признаков далеких предков.

Так, напр., изредка встречаются люди с развитым хвостом или с числом сосцев большим чем нормальное — 2 (так наз. полимастия) и т. д.

Действительно, этот случай кажется серьезным возражением. Однако следует помнить, что атавизм указывает лишь на возможность обращения, но необходимо еще, чтобы атавистический признак оказался полезным и отбирался в дальнейших поколениях, что в большинстве случаев весьма сомнительно.

Кроме того и сами „атавистические“ признаки далеко не всегда повторяют предковое состояние. Так, Абедем (Abel — *Palaeobiologie u. Stammesgeschichte*) было обследовано значительное количество лошадей с добавочными пальцами, как бы повторявшими „гиппарионовую (трехпалую) стадию“ эволюции лошади, причем выяснилось, что в огромном большинстве случаев имело место лишь самое поверхностное сходство, и пальцы являлись новообразованиями, которые совсем не повторяли предковой стадии.

Такую же картину дало произведенное Абедем обследование многопалых кур, свиней и людей, многочисленные случаи изменений в рудиментарном заднем поясе китообразных и т. д. С другой стороны, некоторые атавистические признаки, как, напр., полимастия (многососцовость) или несросшиеся лобные кости у человека, видимо, являются все же повторением предковых стадий.

Значительно более серьезные указания на неотению как явление, противопо-

речащее „закону необратимости эволюции“.

Классическим примером является аксолотль, способная к размножению личинка мексиканской саламандры-амблостома.

В организации аксолотля имеется целый ряд примитивных черт: наружные жабры, жаберный скелет, хвостовой плавник и т. д. и т. д., которые в случае, если животное не превращается в амблостому (а это чаще всего так и бывает), остаются на всю жизнь. Допуская, что способность к превращению утратится, мы получим форму, гораздо более примитивную, чем амблостома, имеющую целый ряд вновь появившихся (по сравнению с последней) предковых признаков. Две группы хвостатых амфибий, имеющие наружные жабры — протей и сирены — и рассматриваются большинством современных зоологов как неотенические личинки исчезнувших саламандр.

П. П. Сушкин (Сушкин, 1915) указал, что неотения является в сущности не чем иным, как выпадением конечных стадий развития многих органов сразу, и так как она ведет, по его мнению, к повторению предкового состояния, то и является примером обратимости эволюции.

Действительно, выпадение конечных стадий развития ведет иногда к появлению признаков предка. П. П. Сушкиным приводится несколько таких случаев, из которых мы возьмем лишь один.

Пингвины (*Spheniciformes*) по большинству своих признаков (киль грудины, строение нёба и пр. и пр.) принадлежат к килегрудным птицам, т. е. наиболее высоко организованному подклассу птиц.

Однако в их задней конечности косточки плюсны у всех птиц, срастающиеся в одну, остаются более или менее разделенными всю жизнь, т. е. имеет место явление примитивности едва ли не большее, чем у юрского предка птиц — археоптерикса, почти не бывшего еще птицей. Перья на крыле пингвина имеют вид чешуек и линяют как чешуя рептилий, а это признак еще более древнего предка, чем археоптерикс.

Если последовательно проводить 42 „закон Долло“, то следует счесть пин-

гвинов за совершенно самостоятельную группу, развивавшуюся с юрского периода во всех отношениях строго параллельно птицам. Однако это допущение мало вероятно, тем более, что у нижнемиоценового пингвина (*Gladornis*) кости плюсны были срослены почти так же компактно, как у других современных птиц, т. е. их разъединение у современных пингвинов вторично и образовалось, видимо, путем выпадения одной из стадий развития конечности — стадии сращения отдельных закладок костей у эмбриона в одну. Изложенные данные и несколько других примеров позволили Сушкину сделать заключение, что эволюция в известной мере обратима, причем это обращение лимитируется онтогенезом. Может вернуться лишь то, что не выпало из онтогенеза; путь возврата — выпадение конечных стадий эмбрионального развития.

Явление выпадения конечных стадий развития является лишь частным случаем разработанной акад. А. Н. Северцовым (Северцов, 1935) и его школой теории филэмбриогенеза или эволюции на основе эмбриональных изменений.

Кроме выпадения конечных стадий развития, примером которого являются некоторые из приведенных нами случаев атавизма (несросшиеся лобные кости, полимастия, гипертрихоз, т. е. сохранение на всю жизнь эмбрионального волосяного покрова, обычно исчезающего до рождения у человека, и некоторые другие), нам интересны случаи выпадения средних стадий развития. К таким случаям относится разобранное выше развитие ноги пингвина.

Конечность в эмбриональном развитии проходит следующие стадии развития: 1) прохондральная закладка отдельных элементов, 2) окрящевение их, 3) сращивание окрящевевших элементов, 4) приобретение ими окончательной формы и 5) их окостенение.

У пингвинов выпала третья, т. е. средняя, стадия развития конечности. Выпадение средних и конечных стадий развития — явление, достаточно распространенное и играющее важную роль в эволюции. Достаточно указать, что, по мнению многих исследователей, они играли весьма важную роль в эволюции

человека. (Человек гораздо больше сходен с молодыми антропоморфными обезьянами чем со взрослыми; см. Иванов, 1928.)

Явления ускорения развития тех или иных органов также могут привести к отставанию и выпадению конечных стадий в развитии других. С этой точки зрения А. Н. Северцов (l. c.) рассматривает некоторые случаи неотении, как вызванные ускоренным развитием половых органов.

Наконец, многие органы замедляют свое эмбриональное развитие. Если замедление устранится, они могут, развившись, напомнить органы предков.

Спрашивается, насколько результаты тех или иных из перечисленных филэмбриогенезов могут повторить состояние предков, т. е. „обратить“ эволюцию?

Для того, чтобы ответить на это, следует, во-первых, учесть, что все они происходят в процессе эмбрионального развития, и для обращения необходимо было бы, чтобы это развитие полностью, во всех деталях повторяло филогению вида.

Этого в действительности нет, и мы знаем, что ценогенезы — приспособления к эмбриональному образу жизни, гетеротопии, гетерохронии (передвижения во времени и в пространстве), и по меньшей мере двенадцать (ныне указанных) видов филэмбриогенезов сильно искажают и делают далеко неполной рекапитуляцию (повторение эмбриональным развитием эволюции вида).

Таким образом, после выпадения той или иной стадии начинает развиваться далеко не тот же самый орган, какой был у предка, а лишь его подобие, более или менее сходное с ним.

Но этим дело не ограничивается, так как орган, пусть даже очень близкий к предковому, развивается в совершенно другом организме, и по известному закону корреляции Кювье на этот орган наложится печать того нового организма, в котором он развивался.

Вывод ясен: отсутствие абсолютного повторения филогенеза в онтогенезе (т. е. полной рекапитуляции) и закон корреляции совершенно не допускают полного повторения органа предка.

Но признаки полученных или измененных таким образом органов могут очень напоминать органы предков.

Такой признак, как наличие жаберного скелета, роднит аксолотля с чрезвычайно древними амфибиями (напр., *Branchiosaurus* — пермь), с рыбами и т. д., хотя сам этот скелет весьма далек от скелета рыб и бранхиозаурид. Разъединенные кости предплюсны пингвинов сближают их с чрезвычайно древними предками птиц, возможно даже с рептилиями, хотя кроме этого признака — нога пингвина типично птичья.

Мы разобрали возражения „закону Долло“ и можем сделать заключение, что его формулировка вряд ли теперь применима, ибо хотя против того, „что организм... целиком... не может вернуться к состоянию, раз осуществленному в ряду его предков“, нет возражений, но частичный возврат отдельных, иногда сразу многих предковых признаков в имеет, повидимому, место.

Формулировка Абея (l. c. *Palaeobiologie u. Stammesgeschichte*) также вряд ли приемлема по следующим причинам.

Во-первых, в ней говорится лишь об органах и их эволюции, и вопрос об обратимости эволюции вида из нее надо выводить, так как сама она об этом умалчивает.

Во-вторых, самое понятие „орган“ настолько несовершенно, что может привести к серьезной путанице. Например, если спинной плавник кита „орган“ и спинной плавник рыбы также, то этот „орган“ (спинной плавник) появился у китов после того, как был утерян предками (см. также Плате, 1928 г.).

Наконец, некоторые случаи неотении возвращают органы, несомненно имевшиеся у предков и утерянные потомками, напр. появление у неотенических форм амфибий наружных жабр, отсутствующих у взрослых.

Мы считаем возможным дать следующую формулировку закона необратимости эволюции:

I. Вид никогда не может вернуться к состоянию, раз осуществленному в ряду его предков. Эволюция вида необратима.

II. Отдельные органы потомка могут притти к состоянию, напоминаю-

шему предковое, но никогда к тождественному с ним.

III. Отдельные признаки потомка могут притти к состоянию, тождественному с состоянием предка.

Эта формулировка, как нам кажется, находится в соответствии с изложенными трудностями и более или менее устраняет возражения. Из нее между прочим следует, что поле практического применения, которое отводил для своего закона Долло, должно быть значительно сужено, так как случаи, когда органы потомка напоминают органы предка, будут без сомнения вносить сильную путаницу в исследование и вряд ли позволят решать филогенетические задачи с такой математической легкостью, как предлагал сам Долло.

#### Л и т е р а т у р а

1. L. Dollo. Les lois d'évolution. Bull. de la Soc. Belge de Geologie, т. VII, 1893.

2. Gadow. Vogel II Syst. Theil. Bronn's Klass. u. Ordn. Thier. Reichs, Bd. IV, Abt. 4, 1893.
3. Соболев. Начала исторической биогенетики. Укр. ГИЗ, 1924 г.
4. O. A b e l. Palaeobiologie und Stammesgeschichte.
5. L. D o l l o. L'origine des tortues. Bull. Soc. Roy. Sci. Med. et Natur. de Bruxelles. 1901.
6. П. П. Сушкин. Обратима ли эволюция? Сб. „Успехи науки“ 1914.
7. G. S t e i n m a n n. Probleme der Ammoniten Phylogenie. Sitz-Ber. der niederrh. Ges. für Natur- u. Heilkunde zu Bonn. Naturwiss. Abt., 1909 г.
8. А. Н. Северцов, акад. Модусы филэмбриогенеза. Зоол. журн., т. XIV, 1935.
9. М. В. Павлова. Палеозоология, т. I, 1928 г.
10. W e n z. Entwicklungsgeschichte d. Steinheimer Planorbis Ber. Naturwissenschaft. Gesellschaft. Frankfurt, 1922.
11. А. Плате. Эволюционная теория. ГИЗ, 1928.
12. S u s k i n. Notes on Dvinosaurus (Stegoccephalia, Rhachitomi). Докл. Росс. Акад. Наук, 1923 г.
13. П. П. Иванов. Эмбриональные черты в строении человека. Человек, № 2—4, 1928 г.

## К ТЕОРИИ ПРОЦЕССА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ В РАСТИТЕЛЬНОМ МИРЕ

Акад. УАН В. Н. ЛЮБИМЕНКО

### III. О ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ РОСТА И РАЗВИТИЯ К СВЕТОВОМУ РЕЖИМУ

В предшествующих очерках мы рассмотрели фактический материал, относящийся к приспособлениям, непосредственно связанным с основной функцией растения, именно с фотосинтезом. Согласно высказанной нами гипотезе фотосинтез возник у хемосинтетиков на почве факультативного сапрофитного питания, когда накопилось мертвое органическое вещество, как результат синтетической деятельности организмов, способных использовать химическую энергию окислительных процессов в минеральной среде. Толчком к возникновению фотосинтеза послужило образование светочувствительных красящих веществ в протоплазме на

почве избыточного сапрофитного питания. Из этих веществ наиболее древними, повидимому, являются каротиноиды, способные соединяться с белками. Будучи широко распространенными в животном и растительном мире, эти пигменты по своим химическим свойствам оказались, однако, недейственными в процессе фотосинтеза, и последний стал осуществляться только после образования зеленых хлорофиллинов.

Новейшие химические исследования о молекулярной структуре каротина и его ближайших производных дают основание предполагать наличие генетической связи между каротиноидами и хлорофиллинами через спиртовую фитольную группу.

Образование хлорофиллинов, таким образом, мы можем представлять не

как возникновение совершенно новых веществ, а как известную эволюцию в химическом синтезе каротиноидов, приведшую к усложнению пигментной системы протоплазмы. С этой точки зрения становится понятным, что комбинированную пигментную систему из каротиноидов и хлорофиллинов мы встречаем решительно у всех фотосинтетиков, начиная с пурпурных и зеленых бактерий. У цветных протистов и водорослей к этой системе прибавляются новые пигментные группы, связанные с белками, типа фикоцианов и фикоэритринов. У водорослей мы находим также большее разнообразие каротиноидов, из которых фукоксантины являются характерными для диатомовых и бурых водорослей. Вообще богатый систематическими группами мир протистов и водорослей отличается также большим разнообразием окраски протоплазмы и пигментные системы здесь ждут своего химического исследования.

В предшествующем очерке мы уже указывали, что окраска пигментов, активно принимающих участие в фотосинтезе у водорослей, сама по себе не имеет приспособительного значения, и та упрощенная теория хроматической адаптации, которая является общепринятой в ботанической литературе, нуждается в критической переработке как теоретической, так и экспериментальной. На основании имеющихся данных можно только сказать, что прибавка к системе каротиноидов и хлорофиллинов пигментов типа фикоциана и фикоэритрина, поглощающих зеленые лучи, без сомнения полезна не только для водной, но и для воздушной среды. Однако все богатство форм сухопутной флоры дала ветвь зеленых водорослей с наиболее простой пигментной системой протоплазмы. Более совершенные с точки зрения использования видимых лучей солнечного спектра бурые, синезеленые и красные водоросли не дали тех высоко дифференцированных растений, которые развились от зеленой ветви.

Этот факт, нам думается, имеет капитальное значение для суждения о взаимоотношениях между приспособлением и эволюцией растительных организмов.

Согласно установившемуся взгляду, приспособление возникает как результат взаимодействия организма и среды. В нашем случае замена химической энергии световой в реакциях синтеза органического вещества с этой точки зрения является, без сомнения, типичным приспособлением к световому образу жизни. Если мы обратимся, однако, к возникновению фотосинтетического аппарата и, в частности, к образованию пигментной системы, то оказывается, что, по крайней мере, на первых ступенях эволюции оно совершилось без всякого участия света. Свет не был тем фактором, который вызвал образование активных в процессе фотосинтеза пигментов. Появление в протоплазме активных цветных веществ явилось результатом темновых реакций и специфического обмена веществ; его можно считать случайностью, поскольку эти активные пигменты не являются обязательной составной частью всякой живой клетки и поскольку свет не служит непременно условием их возникновения. Вместе с тем образование активных пигментов, очевидно, было предопределенно в тех группах первобытных хемосинтетиков, протоплазма которых по своему химическому составу должна была реагировать образованием именно этих, а не других цветных веществ. Для этих организмов образование активных пигментов было закономерным, хотя и не связанным со светом; случайность здесь превращается в необходимость благодаря тому, что использование света оказалось выгодным вообще для первичного синтеза органического вещества.

Отсюда ясно, что первичным источником возникновения основного приспособления к использованию света в фотосинтезе нужно считать химическую изменчивость, которая может быть вызвана не светом, а условиями питания или какими-либо другими факторами, влияющими на обмен веществ в протоплазме. Мы можем себе представить, что образование хлорофиллинов могло произойти в виде химической мутации, подобно другим многочисленным мутациям. Но оно оказалось очень выгодным в процессе питания, и потому по-



лучившиеся мутанты смогли благодаря естественному отбору быстро завоевать господствующее положение среди первобытных типов хемосинтетиков.

Можно ли говорить в данном случае о выработке приспособления по схеме Ламарка? Так как свет не принимал активного участия и вообще не был нужен для образования первичной пигментной системы фотосинтетического аппарата, то схема Ламарка совершенно не приложима, ибо она требует взаимодействия организма и того фактора, к которому организм приспособляется. Не приложима эта схема также и для объяснения дальнейшей эволюции растений с разной окраской пластид. Если бы свет играл роль фактора, непосредственно вызывающего соответствующее приспособление и дальнейшую эволюцию, то мы вправе были бы ожидать, что современная наземная флора должна была бы отразить флору водорослей, т. е. в ней должны были бы быть представлены растения с разной окраской пластид. Мало того, мы вправе были бы ожидать, что растения, содержащие дополнительные пигменты, поглощающие зеленые лучи, будучи более совершенными и более приспособленными к использованию солнечного света, займут господствующее положение в современной флоре. Если этого не случилось, то не случилось, очевидно, потому, что растения с незеленой окраской пластид не смогли выявить тех внутренних свойств и той изменчивости, которая была необходима для дальнейшей эволюции.

Эти свойства обнаружили только зеленые растения и даже среди зеленых растений далеко не все филогенетические ветви. Так, напр., ветвь харовых водорослей, повидимому, оказалась как бы застывшей, как бы лишенной способности выявить прогрессивные элементы эволюции.

Эти соображения приводят нас к выводу, что приспособление к использованию света в процессе фотосинтеза, достигши известной ступени совершенства у протистов и одноклеточных водорослей, в дальнейшем не играло роли фактора, непосредственно вызывающего

прогрессивную эволюцию растений. Тем не менее, оно наложило совершенно ясную и определенную печать на всю организацию растительного организма. Растение становилось все в большую и большую зависимость от светового режима: у наиболее совершенных покрытосеменных растений от света зависит не только основная функция фотосинтеза, но также зеленение, рост и развитие надземных органов и, наконец, цветение и плодоношение. Если учесть все физиологические процессы, совершающиеся у покрытосеменных растений при прямом участии света, то получается картина постепенного приспособления к световому образу жизни, которая на первый взгляд чрезвычайно удобно укладывается в схему Ламарка, если распространить его идеи на растительный мир. Вся эволюция зеленых растений шла по пути постепенного привыкания к световому образу жизни. Ближайший анализ относящихся сюда явлений показывает, однако, что внутренний механизм этого привыкания совершенно не отвечает представлениям Ламарка. Рассмотрим для иллюстрации нашей мысли некоторые примеры, относящиеся к росту и развитию.

Прежде всего обращает на себя внимание специфическое распределение хлорофиллоносных клеток у многоклеточных зеленых растений. По мере усложнения организации и прогресса в дифференцировке клеток, тканей и органов клетки с зелеными пластидами остаются только в надземных частях растения, и, в конце концов, у высших растений мы находим такой высокоспециализированный орган, как пластинчатый лист, предназначенный для улавливания света. Трудно представить себе более совершенный аппарат для улавливания солнечного света, чем крона дерева с большим числом пластинчатых листьев, определенным образом ориентированных и весьма рационально расположенных в пространстве, именно с минимумом затенения одного листа другим. Расположение это имеет очень большое значение, если принять во внимание, что, как показали прямые измерения, площадь листьев, напр. в насаждении молодых кленов, достигает

4—5 га на площади 1 га, занятой деревьями. Площадь листьев, улавливающих свет, значительно превосходит площадь, занятую растениями, и потому понятно, что таким путем растения получают возможность улавливать не только прямые лучи солнца, но и рассеянный дневной свет в максимальном количестве.

При рассмотрении строения пластинчатого листа и всей организации надземных частей высших растений, где, можно сказать, все черты рассчитаны на использование света, трудно отнестись от мысли, что этот фактор не принимал прямого участия в формировании тела растения.

Само собой разумеется, что мы не имеем возможности проанализировать эволюционный процесс формирования многоклеточных растений из одноклеточных, как и процесс дальнейшего хода усложнения организации, и выяснить роль отдельных факторов среды. Но на поставленный вопрос об участии света все же можно получить довольно определенный ответ из данных об условиях онтогенетического развития высших и низших растений.

Выше мы уже отмечали, что у низших растений процесс зеленения не зависит от света; абсолютно необходимым он становится только у покрытосеменных. Между тем уже у высших водорослей и особенно у мхов и папоротникообразных мы наблюдаем не отдельные клетки, но также ткани и органы, лишенные нормальных зеленых пластид. Ризоиды и настоящие корни, а в надземных частях проводящие и механические ткани обычно бывают бесцветными. Потеря окраски в данном случае основана на вторичном процессе дегградации зеленых пластид. У водорослей с слабо дифференцированным слоевищем дегградация пластид наблюдается только в половых клетках, чаще в мужских, чем в женских. Затем она постепенно распространяется на ризоиды и проводящие ткани, на механические клетки. По мере усложнения тела и физиологической дифференцировки число бесцветных клеток возрастает. У папоротникообразных и голосеменных мы находим зеленые клетки в стеблях

и листьях, причем в стеблях они занимают периферическое положение. Та же картина наблюдается и у покрытосеменных растений с тем только отличием, что тело специализированных незеленых клеток здесь возрастает.

Если мы обратимся к истории развития высшего растения, то оказывается, что зеленые пластиды образуются уже на первых стадиях развития зародыша и у целого ряда растений зародыши сохраняют зеленый цвет в зрелых семенах. Укажем в качестве наиболее банальных примеров зародыши семян кленов, фишашки. У некоторых растений зеленые зародыши встречаются не во всех семенах, напр. у разных видов сосен, или остаются зелеными не до полного созревания семени, напр. у многих бобовых. Выделение бесцветных клеток при развитии зародыша происходит одинаково как у покрытосеменных, так и у низших растений без прямого участия света. По данным наших исследований ближайшей причиной является напряженность окислительного потенциала в отдельных клетках.

Нормальное зеленение получается только при некотором среднем окислительном потенциале, который мы находим в нормальных листьях. В корнях этот потенциал ниже требуемой величины, а в бесцветных органах цветка и некоторых бесцветных тканях стеблей и листьев, напр. в эпидермисе, он может быть выше. Особенно наглядно это влияние окислительного потенциала на окраску пластид проявляется у так наз. пестролистных растений; здесь у одних видов в бесцветных частях листьев наблюдается повышенный, а у других — пониженный потенциал по сравнению с зелеными частями. Значение окислительного потенциала для окраски пластид в настоящее время выяснено: оказалось, что превращение бесцветного хромогена в цветные вещества пластид и построение хромофорных групп атомов совершается только при прямом участии кислорода и является типичной окислительной реакцией. С другой стороны, обесцвечивание уже образовавшихся пигментов также происходит только при участии кислорода; в отсутствие кислорода хлорофилл чрезвы-

чайно-стоек и, как показали специальные исследования, может сохраняться на протяжении геологических эпох. Отсюда понятно, что нормальная зеленая окраска пластид поддерживается только при определенной напряженности окислительных реакций, благоприятствующей накоплению пигментов.

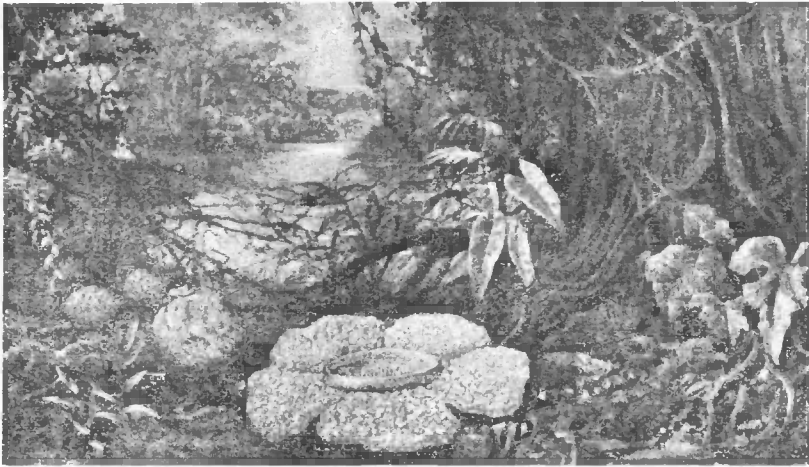
Таким образом, приходится признать, что в основе целесообразного расположения зеленых клеток и тканей у растений, способных зеленеть в темноте, лежит специфическое изменение окислительного потенциала, которое является результатом процесса физиологической и морфологической дифференцировки клеток, независимо от условий освещения. Здесь перед нами действие какого-то специфического, разумеется, материального фактора, но не света. Действие этого фактора весьма ясно обнаруживается и при развитии покрытосемянных растений, требующих света для зеленения. Физиологическая дифференцировка на клетки, способные и неспособные зеленеть, начинается еще в зародыше до прорастания семени. Во время прорастания, если его вести на свету, корни проростка не зеленеют; правда, у некоторых растений, напр. у гороха, наблюдается очень слабое позеленение, которое весьма наглядно показывает, что корень теряет способность к нормальному позеленению при наличии освещения в одних случаях вполне, а в других — неполно. Что касается подземных органов стеблевого характера — корневищ, клубней, луковиц, то они очень часто сохраняют способность зеленеть при выставлении на свет и остаются бесцветными лишь вследствие недостатка света.

Этот факт, ясно указывающий на физиологическое отличие подземных корневых, стеблевых и листовых органов по способности к зеленению, чрезвычайно интересен в другом отношении. Как известно, согласно теории Ламарка, органы не упражняемые претерпевают редукцию, становятся рудиментарными или совершенно атрофируются и исчезают. В нашем примере отсутствие зеленой окраски у подземных органов можно было бы объяснить именно как

естественной функции фотосинтеза. Но если бы неупражнение само по себе вызывало редукцию пластид и потерю способности к зеленению, то в таком случае оно должно было бы сказаться одинаково у всех подземных органов, развивающихся в отсутствии света независимо от их морфологического значения, чего в действительности не наблюдается. Кроме того, классические опыты Мольера с выращиванием высших растений на органических средах показали, что устранение фотосинтеза несколько не подавляет нормального развития пластид и их зеленения. Мало того, этому ученому удалось показать, что при искусственном органическом питании можно вызвать зеленение таких паразитных растений, которые, как, напр., повилика, как бы потеряли эту способность под влиянием паразитизма.

Как известно, среди высших цветковых растений существует чрезвычайно интересная группа паразитов, у которых наблюдается совершенно постепенная редукция листьев и стеблей. Так, напр., у паразитов из сем. норчниковых, как у погремка (*Rhinanthus*), иван да марья (*Melampyrum*), стебли и листья развиваются нормально, и на первый взгляд эти растения ничем не отличаются от обычных, непаразитных. В этом случае паразитизм не вызвал редукции стеблей и зеленых листьев, и растения сохранили все свои функции, в том числе нормальное зеленение и фотосинтез; поэтому их можно считать паразитами не облигатными, а факультативными.

То же самое, однако, мы наблюдаем у целого ряда облигатных паразитов; в качестве примера можно взять нашу обыкновенную омелу (*Viscum album*). У этого, паразитирующего на деревьях, облигатного паразита хорошо развиты стебель и листья; последние нормального зеленого цвета. У других облигатных паразитов, напр. у заразики (*Orobanche*), повилики (*Cuscuta*), сохранился только стебель в нормальном состоянии, тогда как листья потеряли зеленый цвет и приняли форму редуцированных чешуек. Наконец, у паразитов из сем. раффлезиевых (напр. у *Rafflesia patma* *R. Arnoldii*) паразити-



Фиг. 1. *Rafflesia Arnoldii* — паразит, живущий на корнях древесных растений. Вегетативная часть развивается под корой корня растения-хозяина и напоминает мицелий гриба. На рисунке видны цветочные почки и один распутившийся цветок. Цветы у этого вида достигают 1 м в диаметре.

рующих на корнях деревьев, листья совершенно отсутствуют; вместо стебля и корня развиваются только присоски, внедряющиеся в ткани растения хозяина и напоминающие мицелий гриба (фиг. 1).

Отсюда можно сделать вывод, что питание готовыми органическими веществами при облигатном паразитизме само по себе не может вызвать редукции вегетативных органов растения. Если бы такая редукция была непременно следствием паразитизма, то стебель и листья редуцировались бы одинаково у всех облигатных паразитов. Так как на самом деле этого нет, то остается допустить, что в процессе редукции действующим является не само паразитное питание, а какой-то другой фактор.

Нам думается, что этим фактором является естественная мутационная изменчивость. В настоящее время нам известно немало случаев таких мутационных изменений, которые идут в ущерб нормальному развитию и существованию организма. Так, напр., уже наследственная пестролистность, доведенная до крайней степени, сильно понижает нормальное питание растения. Кроме того, в экспериментальных работах по генетике зарегистрировано не мало случаев полного наследственного альбинизма, который приводит мутантов-

альбиносов к отмиранию от голода. Известны случаи также мутационной редукции отдельных органов (напр. корней у кукурузы). Все эти данные приводят нас к мысли, что редукция стеблей и листьев, как и потеря способности к зеленению у паразитных растений, произошли независимо от их питания, а под влиянием факторов, действующих непосредственно на наследственный аппарат растения. Паразитное же питание способствовало только тому, что нежизнеспособные мутации, лишенные нормальных вегетативных органов, сохранились, так как были обеспечены пищей. Альбиносы, возникающие в качестве мутантов у непаразитных растений, очень рано отмирают; сохранить их удается только путем прививки к нормальным зеленым растениям, чтобы обеспечить их питание. При паразитном же образе жизни такие альбиносы имеют все шансы сохраниться, так как они обеспечены пищей.

Возвращаясь к листу обыкновенного непаразитного растения, отметим прежде всего, что тот пластинчатый орган, в совершенстве приспособленный к использованию света, который мы находим у большинства покрытосеменных растений, вовсе не является универсальным типом ассимилирующего органа, каким он должен был бы быть, если бы свет принимал непосредственное участие

в его формировании. Достаточно указать на обширную группу хвойных с их игольчатым типом листа, резко уклоняющимся по своей структуре и форме от пластинчатого. Весьма характерно при этом, что иглы хвойных вовсе не характеризуют некоторой определенной ступени в эволюции формирования листового органа, так как более древние группы голосеменных и папоротников имеют как раз пластинчатые листовые органы. Наконец, и среди покрытосеменных растений не мало представителей, листья которых сильно уклоняются от типичной пластинчатой формы (напр. у многих толстянковых, у разных галофитов и пр.). Уже это разнообразие морфологических типов листа ясно говорит за то, что свет не был тем первичным фактором, который непосредственно принимал участие в формировании листа. Формирование листа происходило под влиянием других факторов, действовавших непосредственно на наследственный аппарат растения. Но зато свет оказывал решающее действие как фактор естественного отбора. При достаточно сильной напряженности света морфологическая структура и форма листа не имеют существенного значения: в этих условиях асимилирующая ткань цилиндрического листа может получить достаточно света, и растение с цилиндрическими листьями будет успешно конкурировать с растением, снабженным листьями пластинчатыми. Иначе обстоит дело при недостатке света: слабая напряженность освещения может обеспечить асимилирующую ткань достаточным количеством энергии только при условии сравнительно тонкого ее слоя, расположенного в плоском экране, по типу которого и построен пластинчатый лист. Отсюда понятно, что растения с плоскими листьями должны были занять господствующее положение в сомкнутых насаждениях и вообще во всех тех случаях, когда является необходимость возможно полнее использовать падающий свет. В этих условиях естественно должны были приобрести важное жизненное значение и все те мутационные уклонения, которые совершенствовались

лист как экран, поглощающий свет, и

которые дали в конечном итоге листу форму и строение органа, необычайно тонко приспособленного к улавливанию световой энергии.

Как уже сказано, приспособленность к световому образу жизни не ограничивается, однако, у высших растений только асимилирующими зелеными органами. Она пошла дальше и глубже, захватывая процессы роста и развития, построение тканей и органов, ориентировки в пространстве. Сложное явление этиологии, наблюдаемое в отсутствии света и выражающееся в нарушении нормальной корреляции в развитии стеблевых и листовых органов, как и в специфическом ослаблении дифференцировки тканей этих органов, ясно указывает, что световая энергия стала необходимой в химических процессах, сопровождающих формообразование. Весьма характерно то обстоятельство, что специфические нарушения в формообразовании при выращивании в темноте наблюдаются не только у покрытосеменных растений, не зеленющих в отсутствии света, но также у голосеменных и папоротникообразных. Отсюда можно сделать вывод, что использование световой энергии в химических процессах формообразования началось независимо от использования ее в фотосинтезе и зеленении. Это могло случиться только при условии, что в протоплазме начали формироваться совершенно особые светочувствительные вещества, которые приняли участие в химизме конструктивных и формообразовательных процессов. К сожалению, химизм этих процессов остается совершенно неизвестным. Недавнее открытие специфических веществ, активирующих рост и потому нередко называемых гормонами роста, дает основание предполагать, что в растительном организме существует специфический аппарат гормонов, активирующих реакции роста и формообразования. Этот особый гормональный аппарат до известной степени аналогичен энзиматическому аппарату, принимающему участие в простейших реакциях обмена веществ с той, однако, существенной разницей, что гормоны активируют не отдельные реакции, а целые группы их,

оказывая таким образом влияние на всю протоплазму.

Гормональный аппарат растений начал изучаться только в самое недавнее время, и у нас пока еще нет данных для более точных и определенных суждений о нем. Поэтому при анализе приспособленности процесса роста и формообразования к определенному световому режиму мы можем высказать только догадку, что свет в данном случае действует именно на гормональный аппарат. В пользу такой мысли говорит то обстоятельство, что для получения определенного эффекта здесь не требуется постоянного действия света, а только определенная зарядка или индукция. Особенно рельефно это выступает в явлениях формообразования и его эволюции при смене вегетативной фазы роста фазой цветения. Опыты показали, напр., что у растений, не развивающих нормальных листьев в темноте, можно получить нормальные листья, если освещать их только 1 час в сутки.

Так как процесс роста и формообразования не прекращается после освещения, то ясно, что в данном случае действие света обуславливается его участием не в самом химическом обмене, сопровождающем построение и дифференцировку тканей и органов, а в синтезе веществ, управляющих этим обменом, какими, повидимому, и являются гормоны. То же самое можно сказать и относительно световой реакции роста и фототропизма, которые в настоящее время рассматриваются в свете гормональной теории. На основании имеющегося огромного экспериментального материала мы можем с уверенностью сказать, что во всех относящихся сюда явлениях свет играет роль возбuditеля, т. е. что он дает толчок к определенным реакциям, не участвуя в них непосредственно.

Подобное же индуцирующее действие света обнаружено также и в сложном процессе внутренних изменений протоплазмы, под влиянием которых изменяется самый характер формообразования, именно смена вегетативных органов репродуктивными. После того как было установлено, что одни растения требуют для такой смены длинного дня

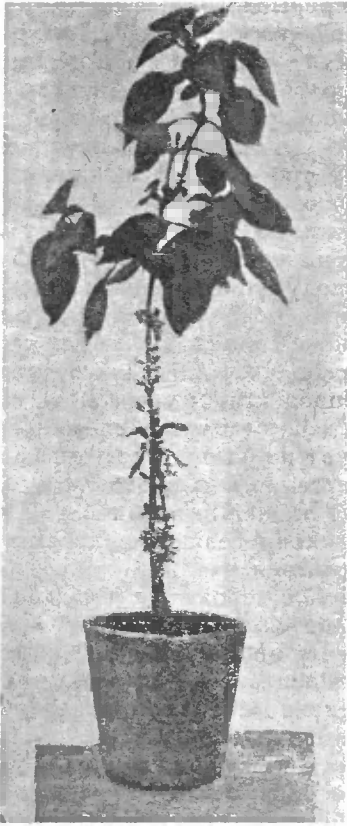
или непрерывного освещения, а другие, наоборот, короткого дня, вопрос этот подвергся усиленной экспериментальной разработке. В результате оказалось, что ускорение цветения можно получить сравнительно короткой индукцией. Так, напр., у проса, как типичного растения короткого дня, достаточно выдержать проростки из семян на коротком дне (8—10 ч. в сутки) всего 4—5 суток, чтобы получить значительное ускорение цветения при дальнейшем развитии растений на длинном дне. Так как такой эффект получается задолго до заложения репродуктивных органов, то ясно, что в данном случае световой режим действует не на процессы дифференцировки органов, а на протоплазму эмбриональной ткани, вызывая в ней изменения, предопределяющие характер дифференцировки.

Наиболее вероятным и в данном случае является предположение, что свет действует на гормональный аппарат, который активизирует физико-химическую эволюцию протоплазмы в определенном направлении.

Высказанное нами предположение, что приспособленность процесса развития к длине дня явилось результатом приспособления к длине суточного фотопериода на разных географических широтах во время вегетации растений, подтвердилось опытными данными. И здесь явление по существу основано на замене темновых реакций световыми.

Опыт показал, что существуют растения, мало чувствительные или вовсе нечувствительные к длине дня (напр. обыкновенная фасоль). Этот тип, по видимому, был исходным, из которого под влиянием естественных вариаций светового суточного режима получились две группы более или менее узко приспособленных растений: растения длинного и короткого дня. У растений длинного дня темновые реакции, сопровождающие процесс развития, заменились реакциями фотохимическими, и длинный день или непрерывное освещение сделались необходимыми внешними условиями для нормальной эволюции протоплазмы.

У растений короткого дня, напротив, выработалась приспособленность прямо



Фиг. 2. Обращение процесса развития у судзы (*Perilla ocymoides*), растения короткого дня. Под влиянием короткого суточного фотопериода (8 ч. в сутки) растение быстро зацвело, а затем, после выставления на длинный день, снова перешло к вегетативному росту.

противоположного характера: удлинение дня, сверх некоторой нормы, стало тормозить эволюцию протоплазмы в сторону перехода ее в репродуктивное состояние.

Объяснить такое различие в приспособленности можно, если допустить, что участвующие в этой эволюции протоплазмы темновые и световые реакции взаимно обратимы. В таком случае приспособленность к определенному соотношению длины дня и ночи (так наз. фотопериодическая реакция) выразится лишь в смещении пункта обращения либо в сторону удлинения дня, либо в сторону его сокращения. У растений

очень длинного дня или непрерывного освещения темновые реакции, очевидно, потеряли свое значение для перехода протоплазмы в репродуктивное состояние.

Пункт обращения здесь сдвинут к самому концу шкалы соотношений длины светлых и темных периодов суток; у растений короткого дня, напротив, пункт обращения сдвинут к противоположному концу шкалы, так как темновые реакции еще сохранили свое значение для перехода протоплазмы в репродуктивное состояние. В пользу такого допущения говорит тот несомненный факт, что процесс развития действительно обратим: комбинируя длинные и короткие дни, как показали опыты, можно либо ускорять, либо замедлять наступление цветения одинаково как у растений длинного, так и у растений короткого дня.

Согласно теории Т. Д. Лысенко эмбриональная ткань претерпевает ряд качественных изменений, которые автор называет стадиями развития. Каждая стадия требует определенной комбинации внешних условий. В частности определенная длина дня требуется для прохождения второй стадии развития, которую автор называет световой (первую он называет стадией яровизации). Прохождение эмбриональной тканью каждой стадии требует определенного промежутка времени; когда световая стадия пройдена, то растение зацветает несмотря на радикальное изменение светового режима.

Необходимость воздействия длинным или коротким днем на растение в течение определенного периода времени удовлетворительно объясняет обратимость развития. Так, напр., если судзу (*Perilla ocymoides*) выдержать на коротком дне 30 суток, то при выставлении на длинный день она дает только цветоносные побеги. Если же выдержать ее на коротком дне всего 15 суток, то при выставлении на длинный день она сначала цветет, а затем возобновляет вегетативный рост (фиг. 2).

Мы объясняем это явление таким образом: в первом случае благодаря длительному воздействию короткого дня протоплазма всех эмбриональных кле-

ток точки роста перешла в репродуктивное состояние; во втором случае в это состояние перешла только часть ранее образовавшихся клеток, тогда как более поздно возникшие клетки не получили полной зарядки и не перешли в необратимое состояние. Эти клетки под влиянием длинного дня затем и дали начало вегетативному побегу.

Нельзя не сознаться, что в настоящее время нам совершенно неизвестно, какие именно химические процессы совершаются в протоплазме при переходе ее из вегетативного состояния в репродуктивное. Поэтому более углубленный анализ явлений фотопериодизма должен быть направлен именно в сторону выяснения этих реакций и участия в них света.

Попытаемся теперь кратко резюмировать изложенные выше данные о приспособлениях растения к световому образу жизни. В основе всех приспособлений, как мы видели, лежит замена темновых реакций световыми. Из них безусловно положительным или прогрессивным является использование света в процессе фотосинтеза. На втором месте следует поставить участие света в зеленении, которое носит черты прогрессивного приспособления, поскольку использование световой энергии здесь создает экономию в расходовании химической энергии. В тесной связи с этими двумя основными приспособлениями стоят приспособления к напряженности и спектральному составу света (тенелюбие, светолюбие, хроматическая адаптация). Все эти приспособления не имеют всеобщего характера, и потому их следует отнести к разряду специализаций, целесообразность и полезность которых имеет узкое, относительное значение, именно для определенного сочетания условий освещения.

Все только-что перечисленные приспособления теснейшим образом связаны с воздушным питанием растения, именно с усвоением углекислого газа и энзиматическими реакциями, прямо или косвенно участвующими в функции питания. Другой параллельно развившийся ряд приспособлений захватывает процессы роста и развития. В этих процес-

сах свет принимает только косвенное участие, давая определенную зарядку (индукцию), повидимому, через посредство гормонального аппарата. Из этих приспособлений прогрессивным можно признать только использование света в ориентировочных движениях (фототропизм), которые ставят растение в наилучшие условия для использования света в фотосинтезе. Что же касается приспособлений, связанных с ростом надземных органов, их формообразованием и сменой стадий вегетативной и репродуктивной, то их следует отнести, по нашему мнению, в разряд специализаций, полезных только в определенных условиях светового режима.

Первичным источником приспособительных черт является естественная мутационная изменчивость организма, вызываемая теми внешними факторами, которые непосредственно действуют на наследственный аппарат растения. Возникающие таким путем изменения в физиологическом аппарате и структуре организма могут быть самыми разнообразными, т. е. безразличными, полезными и вредными для жизни организма. Их значение определяется не теми факторами, которые их вызывают, а теми, которые принимают участие в основном обмене веществ и производят отбор новых черт.

Приспособления к свету развились на почве образования светочувствительных веществ в протоплазме. Как видно из изложенных выше данных, образование их, по крайней мере в тех случаях, которые нам хорошо известны, совершалось без прямого участия света. Последний играл роль фактора отбора. Благодаря такому отбору, естественная мутация, напр. мутация усиления или ослабления окраски пластид, сразу становится в разряд очень тонких градаций в приспособлении к напряженности света.

На основании изложенных выше соображений нам представляется наиболее вероятным, что именно таков путь возникновения самых тонких приспособительных черт.

Приспособленность и прилаженность свойств организма к условиям среды получается путем отбора подходящих



мутационных уклонений, а не постепенным привыканием, как это представлял Ламарк. Наш анализ приспособлений к свету приводит нас, таким образом, к основной идее Дарвина, который источником приспособлений считал наследственную мутационную изменчивость организма и последующий отбор полезных черт.

Но при таком представлении можно ли к этому явлению применять термины приспособление, приспособительные признаки? Если в действительности нет постепенного привыкания, то не будет ли более правильным совсем отбросить термин приспособление, нередко понимаемый в духе идей Ламарка? Не лучше ли говорить просто о безразличных полезных и вредных признаках, а полезные классифицировать по тем факторам, которые принимают участие в их отборе?

Нельзя не сознаться, что в данный момент у нас еще слишком мало данных для столь решительной реформы старой терминологии и коренной перестройки основных представлений о процессе приспособления. Но нам думается,

что уже пришло время подвергнуть этот вопрос критическому анализу в физиологическом направлении и начать переработку старых понятий и старой терминологии.

#### Л и т е р а т у р а

1. В. Н. Любименко и О. А. Щеглова. О фотопериодической адаптации. Журн. Русск. Бот. общ. 12, 1927, стр. 113—162. — 2. В. Н. Любименко и О. А. Щеглова. О фотопериодической индукции в процессе развития растений. Изв. Бот. сада, 1931, стр. 1—52. — 3. В. Н. Любименко. К теории искусственного регулирования длины вегетационного периода у высших растений. Сов. бот., № 6, 1933, стр. 1—30. — 4. Т. Д. Лысенко. Теоретические основы яровизации. 1935. — 5. Н. Г. Холодный. Гормоны растений. Природа, № 8—9, 1933. — 6. С. П. Костычев и Ф. Вент. Физиология растений. 2-я часть. Перев. с нем. М.-Л., 1933. — 7. W. Pfeffer. Pflanzenphysiologie, II Bd., 1904. — 8. E. Heiricher. Aufzucht und Kultur der parasitischen Samenpflanzen, Jena, 1910. — 9. E. Heiricher. Methoden der Aufzucht und Kultur der parasitischen Samenpflanzen. Handbuch d. biolog. Arbeitsmethoden, № 50, 1921. — 10. А. Кернер фон Марилаун. Жизнь растений. Перев. с нем. СПб., 1899, т. I, стр. 171—214. — 11. D. T. Mac Dougal. The Influence of Light and Darkness upon growth and development. Mem. of the New York Botan. Gard., II. 1903.

## НАСЕКОМЫЕ И КЛЕЩИ — ПЕРЕНОСЧИКИ ФИЛЬТРУЮЩИХСЯ ВИРУСОВ

Проф. Е. Н. ПАВЛОВСКИЙ

54

Что в распространении ряда болезней, возбудителями которых являются патогенные для человека и животных фильтрующиеся вирусы, исключительную или, во всяком случае, видную роль играют переносчики, установлено уже давно и хорошо известно. Учение о переносчиках фильтрующихся вирусов росло в связи с развитием наших знаний о переносчиках инфекций и инвазий; это направление исследований в настоящее время сформировалось в мощную дисциплину, которая тесно связывает паразитологию, микробиологию и эпидемиологию. Переносчиками, как известно,

являются различные насекомые и клещи; суть их действия заключается в том, что переносчик так или иначе черпает заразное начало в его источнике (коим является больной организм, организм — носитель или различные предметы во внешней среде) и передает это начало непосредственно человеку или другому организму или различным предметам, с которыми соприкасается человек. Исключительно важное значение приобретают те случаи, когда переносчик является специфическим агентом, распространяющим заразное начало (напр., комар анофелес и малярийные паразиты),

которое в настоящее время не имеет других, известных нам, путей передачи. В таких случаях переносчик служит хозяином известных стадий жизненного цикла заразного начала.

Более часты примеры механической передачи инфекций переносчиками, не являющимися хозяевами по отношению к передаваемым ими возбудителями. Последние лишь переживают некоторое время в организме переносчика.

Аналогичные соотношения установлены и для фильтрующихся вирусов и их переносчиков; однако большие трудности изучения самих фильтрующихся вирусов являются причиной того, что соответствующих данных об их переносе сравнительно мало.

Широко изучаемым фильтрующимся вирусом является вирус желтой лихорадки; ее возбудителем считалась спирохета *Leptospira icteroides*, открытая Noguchi; однако в настоящее время желтую лихорадку относят к группе болезней с неизвестными или неясными возбудителями. Впрочем, неизвестность возбудителя не помешала Финляю установить исключительно важную роль комара — стегомии (*Aedes argenteus*<sup>1</sup>), как специфического переносчика этой опасной болезни, имеющей огромное значение для тропиков. Другие исследователи показали, что больной желтой лихорадкой заразителен для переносчика в течение трех первых дней болезни, когда заразное начало еще циркулирует в крови человека; для того чтобы стегомия могла сама заражать людей желтой лихорадкой, требуется известный срок, длина которого зависит от температуры места нахождения комара. Детальное изучение этого вопроса имеет очень большое значение для понимания условий географического распространения желтой лихорадки, завозные случаи которой были наблюдаемы в различных портовых городах (США, Нью Йорк, Англия, Испания и др.), порою весьма далеко отстоящих

от природных очагов этой опаснейшей тропической болезни (Бразилия, Мексика и др.).

Поучительны интересные данные Hindle (1930) и Davis (1932) о влиянии температуры, при которой содержится комар, напившийся крови желтолихорадочного больного, на срок проявления заразительности наблюдаемого комара. Наиболее короткий срок такой инкубации составлял всего 3 дня при 37° С, 5 дней при 36°, 6 дней при 31°, 8 дней при 25°1, 11 дней при 23°3 и 18 дней при 21° С. Содержание *Aedes argenteus* при 18° в течение 30 дней не делало их заразительными; однако заключающийся в них фильтрующийся вирус не погибает; достаточно дополнительно выдержать таких комаров еще 5 дней при 23°4 С, чтобы они получили способность заражать подопытных обезьян желтой лихорадкой. Даже более низкие температуры могут переноситься вирусом; так, комары, содержавшиеся при 10—15° С, остаются незаразительными, но дополнительное содержание их при 20° способствует завершению инкубационного периода. В то же время инфицирующие *Aedes argenteus* сохраняют способность передавать заражение при температуре 10—15° С.

Все эти данные подтверждают мысль, что вирус желтой лихорадки прodelывает жизненный цикл в организме переносчика и что температура внешней среды, действуя через тело комара на заключенный в нем вирус, является весьма важным фактором, обуславливающим возможность развития вируса, попавшего в организм переносчика.

Предел сохраняемости вирулентного вируса в *Aedes argenteus* велик, достигая фактически длительности жизни самих переносчиков, которыми являются лишь самки стегомии. Данные Aragão и Lima (1929), будто бы самки *A. argenteus* могут заражать вирусом желтой лихорадки самцов, не подтвердились, и Hindle справедливо отметил, что могло иметь место лишь загрязнение самцов фекалиями зараженных самок при содержании их в тесном помещении. Точно так же отрицается и возможность трансэмбриональной передачи вируса желтой лихорадки от самки комара ее потомству.

<sup>1</sup> *A. argenteus* был обнаружен проф. Е. И. Марциновским в Батуме еще до революции. Позднейшие наблюдения показали распространение этого комара и севернее (Сухум). Факт наличия его в составе фауны СССР, показанный Марциновским, привлекает к себе большое внимание.

Температурный фактор может изменить свойства вируса желтой лихорадки в организме ее переносчика; так, вирус в комарах при 16°С теряет способность вызывать смертельное заболевание у подопытных животных и в то же время обеспечивает развитие в переболевшем животном иммунитета к заражению активным вирусом (Schüffner, Dinger и Snijders, 1930).

Davis, анализирувавший протокол экспериментов Финляндия над передачей стегомией желтой лихорадки в свете новых данных по длине инкубации вируса в переносчике, показал, что положительные результаты опытов, когда заболевание было вызвано кормлением *Aë. argenteus* на людях, не может быть поставлено в связь с предшествовавшим экспериментальным заражением самих комаров. Весьма вероятно, что Финляндия попались спонтанно зараженные стегомией, что и дало ему возможность показать, в конце концов, правильно роль этих комаров в передаче желтой лихорадки.

Говоря о важном влиянии температуры на вирус желтой лихорадки, мы ни в коем случае не должны забывать о ряде других факторов, значение которых выяснено лишь частично или лишь заподозревается или вовсе пока не известно. Вирус желтой лихорадки обитает в теле человека или в комаре *Aë. argenteus*. Организм человека или млекопитающего, подверженного заражению вирусом желтой лихорадки, а также организм переносчика — являются средой обитания, многообразной по роду действующих на вирус факторов. Например, многократное пассажирование нейротропного вируса желтой лихорадки через мышей изменяет передаваемость вируса при посредстве комаров. На 21-м пассаже вирус может быть передаваем через *Aë. argenteus*, тогда как 170—171 пассажи уже не заразительны (опыты на резусах Roubaud и Stephano-pulo, 1933).

Является ли *Aë. argenteus* единственным видом переносчика желтой лихорадки или он имеет преимущественное эпидемиологическое значение при наличии и других потенциальных переносчиков? В ответ на этот вопрос можно

привести много данных, почерпнутых из новейших исследований, в которых нет недостатка.

Известны места, эндемичные по желтой лихорадке, но без *Aë. argenteus*. Такова, напр., долина Ханаана в Бразилии, где тщательные энтомологические поиски не обнаружили присутствия этого комара. В экспериментальных условиях из местных комаров оказались способными передавать желтую лихорадку другие виды *Aëdes*: *Aë. scapularis* и *Aë. fluviatilis*; в эпидемиологическом отношении, повидимому, более опасен первый вид, как встречающийся наиболее часто (Soper, Peana, Cardoso, Serafim, Frobischer и Pinheira, 1930). Длинный ряд других видов *Aëdes* так же обладает аналогичными свойствами; более того — некоторые представители и других родов комаров могут быть в экспериментальных условиях переносчиками вируса желтой лихорадки.

Для выяснения способности комаров передавать желтую лихорадку исследователи применяют двойкий способ: или кормили зараженных комаров (resp. других переносчиков) на подопытном животном, или впрыскивали последнему эмульсию из растертых комаров. Самой собой понятно, что результаты таких опытов далеко не равнозначны. В первом случае — положительные результаты доказывают, что наше насекомое может в естественном порядке передать полученный им вирус; опыты же с инъекциями указывают лишь на наличие в насекомом активного вируса, причем последний может и не передаваться естественным порядком через своего обладателя.

Различие практической значимости таких соотношений очевидно. Насекомые — временные обладатели вируса — могут и не быть его переносчиками; в таком случае их роль в распространении вируса может быть или нулевой или в лучшем случае — косвенной и относительной.

Например, *Culex thalassius* (Южная и тропическая Африка) может передавать желтую лихорадку укусом в течение 27—49 дней после инкубационного периода в 12—15 дней. В то же время другой комар *Mansonia uniformis* не пе-

редает укусом этой болезни, хотя ее вирус некоторое время сохраняется в комаре после двадцатидневной инкубации.

Длительность срока, в течение которого комары (кроме классического переносчика желтой лихорадки) получают способность передавать вирус желтой лихорадки (11—53 дня), несомненно говорит за то, что наш вирус прodelывает известный жизненный цикл и в этих насекомых. Интересно отметить, что последние относятся к подсем. *Culicinae*; опыты (правда, немногочисленные) с *Anopheles albitalarsis* и *A. tarsimaculatus* в Бразилии дали отрицательный результат, тогда как *An. gambiae* в Западной Африке (Philip, 1930) передавал вирус желтой лихорадки, но только в очень короткий срок — 1-4 дня после кормления своего на зараженном животном; эти опыты указывают лишь на некоторое переживание вируса в анофелес.

Вирус желтой лихорадки адаптирует к ряду комаров; однако конечная эпидемиологическая значимость тех или других видов переносчиков определяется добавочными факторами, как, напр., количеством особей переносчиков в данном пункте и особенностями их экологического отношения кисточникам инфекции и к человеку. Например, тот или другой вид переносчика может вовсе не кусать человека при способности в лабораторной обстановке заражаться вирусом, который проходит в нем полный жизненный цикл. Выпадение же моментов кусания человека делает данного переносчика фактически безразличным для человека. Для всех таких переносчиков можно предложить наименование „потенциальных“ переносчиков.

В поисках всех возможных путей передачи вирусов желтой лихорадки было проделано много опытов с испытанием представителей других отрядов насекомых и с клещами.

Ознакомимся сначала с данными, касающимися такого банального эктопаразита, как постельный клоп. Monteiro (1929) показал, что в *faeces Cimex lectularius* в Бразилии вирус желтой лихорадки выделяется в вирулентном для обезьяны рецус-состоянии в течение от двух до двенадцати дней после кормле-

ния клопа на больной обезьяне. В другом виде *C. hemipterus* там же, в Бразилии, вирус погибает очень быстро, и позднее второго дня заражение уже не наступает; возможно, что *faeces* этого клопа заразительны всего лишь 1—2 дня (Kumm и Frobischer, 1932).

Из других хоботных был исследован „поцелуйный клоп“ — *Triatoma megista*, которого также кормили на зараженных обезьянах. Davis (1933) показал интересную картину постепенного ослабления и умирания вируса. Так, *T. megista* в течение 3—6 дней после своего заражения вызывает своим укусом желтую лихорадку у подопытного животного; через 7 дней — лихорадку с развитием иммунитета к активному вирусу; через 9—10 дней кормление уже не вызывает лихорадки, но иммунитет появляется, и после 14 дней заражения *T. megista* уже никак не влияет на подопытное животное. В то же время *faeces* этого насекомого не содержит в себе вируса желтой лихорадки.

Опыты с собачьими блохами (*Ctenocephalus canis*) дали отрицательный результат. Обезьян не удалось заразить желтой лихорадкой кормлением на них собачьих блох через 7—72 часа после того, как блохи насосались крови с вирусом желтой лихорадки; в то же время показано, что в теле блохи вирус живет семь часов, но без возможности передачи его естественным путем (Hoskins, 1934).

В мухе-жигалке (*Stomoxys calcitrans*) вирус желтой лихорадки переживает до 42 часов; способность передавать этот вирус при сосании крови жигалка проявляет лишь в течение короткого срока — 6 часов (16 часов уже дают отрицательный результат). Это обстоятельство не лишено эпидемиологического значения в случаях „прерванного питания“. Кровососущее насекомое может быть вынуждено покинуть хозяина до своего насыщения; естественно, что оно будет искать другого хозяина, чтобы на нем „допитаться“. При таком положении дела вполне возможен механический перенос вируса желтой лихорадки, если интервал между двумя актами прерванного кормления будет не больше срока 57

возможного переживания или сохранения вируса в ротовых органах переносчика. Такая форма передачи вируса должна быть отнесена к механической (не специфической).

Интересно, что она может быть свойственна даже млекопитающим. Известно, что летучая мышь — вампир (*Desmodus rotundus*) является кровопийцей и нападает на животных. Когда ему давали начинать пить кровь обезьяны, зараженной желтой лихорадкой, затем на минутный интервал снимали и, наконец, сажали допивать кровь на здоровую обезьяну, то последняя заболела желтой лихорадкой. Такая механическая передача вируса не имеет эпидемиологического значения, но в деле передачи вируса животным она может играть известную роль (Kutt, 1932).

Наконец, остается упомянуть про опыты с выяснением судьбы вируса желтой лихорадки в клещах *Ixodoidea*. Особенность иксодовых клещей (сем. *Ixodidae*) та, что они пьют кровь в каждой фазе своего превращения по одному разу. Следовательно, если зараженную кровь пьет личинка, то можно ожидать передачи инфекции лишь нимфой или имаго; сроки между моментами питания могут быть очень большими, что связано с большой способностью клещей к голоданию и задерживающему влиянию более низких температур на метаморфоз и, следовательно, на приближение времени следующего принятия пищи. Иксодовые клещи прочно присасываются к своему хозяину, поэтому спадание недоевших клещей бывает лишь в очень редких случаях; следовательно, обстоятельства „прерванного питания“ здесь практически не имеют места, но в лабораторных условиях такие опыты могут быть осуществлены.

Так, Aragão (1933) снимал с желтой лихорадочной обезьяны недоевших нимф и самок клеща *Amblyomma cajennense* и докармливал их на здоровой обезьяне. Последняя заболела и погибла от желтой лихорадки. Особый интерес вызвали данные того же автора о заразительности эмульсии яиц, отложенных самкой *Amblyomma cajennense*, пившей кровь больной обезьяны. Эмульсия из яиц одиннадцатидневной давности, впрысну-

тая молодой обезьяне, вызвала у нее смертельное заболевание желтой лихорадкой. Однако Davis (1933) оспаривает эти выводы и утверждает, что передачи вируса желтой лихорадки через яйца другой генерации клещей не бывает.

Во всяком случае вирус желтой лихорадки может находиться в организме клещей разное время: у *Ornithodoros rostratus* и *O. moubata* не более четырех дней, у *Argas persicus*—шести дней, у *Amblyomma cajennense* до 15—28 дней, у *Rhipicephalus sanguineus* до 10—23 дней и др. Таким образом иксодовые клещи могут играть косвенную роль в консервации вируса желтой лихорадки.

Итак, изучение передачи вируса желтой лихорадки через посредство специфических и не специфических переносчиков открывает большие возможности исследования изменчивости самих свойств вируса в инкубационном периоде, во время расцвета силы его действия, равно как — в условиях переживания и, наконец, умирания. В то же время следует не упускать из виду, что организм переносчика также обладает индивидуальной изменчивостью физиологических состояний, что он сам и заключающийся в нем вирус подвержены действию факторов внешней среды, благодаря чему конечный факт способности передавать вирус в активном его состоянии является результатом действия множества причин в их различных комбинациях. В таких случаях нам не придется удивляться, что в некоторых опытах лишь половина испытуемых классических переносчиков желтой лихорадки в лице *Aedes argenteus* давала заражение обезьян болезнью при 80% положительных опытов с прививкой зараженной крови тем же животным (Davis, Shannon, 1929).

Если и трудно ожидать возможности занесения вируса желтой лихорадки и его распространения в местах обитания *Aedes argenteus* на Черноморском побережье Кавказа, то гораздо большее внимание должно быть обращено на вирус лихорадки денге; тяжелая эпидемия денге разразилась на Балканском полуострове в Греции в 1928 г., когда по официальным данным заболело 960 000 человек и умерло 1200 чел. В Афинах и

Пирее заболело 90% всех жителей. Другой очаг денге — Трапезунд — находится еще ближе к границе СССР. В связи с вспышкой денге в Греции возник вопрос о возможности завоза этой болезни в СССР тем более, что ее переносчиком является все тот же вид комара *Aedes argenteus*. В Москве было созвано специальное совещание по вопросу о мероприятиях по предупреждению заноса лихорадки денге в СССР и создана специальная комиссия для руководства мероприятиями против этой болезни.<sup>1</sup> До сих пор заболеваний лихорадкой денге в СССР не установлено, но это не исключает необходимости быть в курсе новейших научных данных о переносчиках вируса денге, играющих в эпидемиологии денге решающую роль.

Как и в отношении вируса желтой лихорадки, больной денге заразителен для комара *Aë. argenteus* только в течение первых трех дней болезни. Сам комар становится заразительным через одиннадцатидневный инкубационный период. Однако не каждый укол комара является заразительным, и не каждый, колотый комаром, человек заболевает. Так, из 64 добровольцев Siler, Hall и Hitchens (1925) смогли заразить 81%, причем из 111 укулов *Aë. argenteus* 47 дали положительный результат. Чреззародышевая передача вируса у комаров отсутствует.

Вирус денге сохраняется в *Aë. argenteus* в вирулентном состоянии 28 дней по данным Blanc и Caminopetros (Греция).

Однако уже в следующем году те же исследователи сохранили *Aë. argenteus* с вирусом денге с осени 1928 до 1929 г. — течение около 70 дней. Весьма важен факт, что комары передают денге при температуре не ниже 18°С. При некотором похолодании вирус хотя и не действует, но и не разрушается, и когда комара переносят в температуру 18°С, он снова начинает передавать вирулентный вирус. Передача удавалась в течение такого долгого срока, как

174 дня после заражения самого комара.

Интересны попытки определения локализации вируса денге в переносчике. Holt и Kintner (1931) готовили эмульсии из ног, слюнных желез, желудка, кишечника, яичников 7—10 *Aë. argenteus*, кормленных на больном денге за 20 дней. Испытание эмульсий показало, что вирус не локализуется в одной какой-либо определенной части тела, но его распространение в организме переносчика принимает характер септицемии.

Попеременное чередование хозяев: комар-человек — комар-человек и т. д. потенциально не обязательно для циркуляции вируса и поддержания его видового существования. Holt и Kintner (1931) кормили чистых *Aë. argenteus* эмульсией из зараженных комаров того же вида, приготовленной в концентрации 50 комаров на 1 куб. см неиммунной крови. Через 14 дней инкубации из зараженных комаров готовили такую же эмульсию и кормили ею новую партию комаров. После третьего пассажа передача денге человеку была, и вирулентность вируса не изменилась. Однако после пятого пассажа кормления 145 зараженных *Aë. argenteus* на человеке осталось безрезультатным.

Так как подошедшие зараженные комары могут попадать в воду и вирус лихорадки денге, может быть, также в нее переходит, то были поставлены опыты с выплаживанием *Aë. argenteus* в воде, загрязненной прибавлением эмульсии из зараженных растертых комаров того же вида. Из личинки куколок, живших в такой воде, вылупились взрослые комары, которые вируса денге в себе не содержали.

Таким образом для переносчиков в естественной обстановке создается один путь получения вируса денге от больного или от вирусомосителя.

Переносчиком кроме *Aë. argenteus* является также *Aë. albopictus* (Simmons, John и Reynolds, Филиппинские острова, 1931); есть указание на аналогичную роль и *Culex fatigans*, но последние опыты нескольких авторов были в этом отношении отрицательны.

<sup>1</sup> Подробности см. в № 3 Русск. журн. троп. мед. 1929 г., целиком посвященного этому вопросу.

Нам остается рассмотреть возможность передачи вируса денге при условии прерванного питания *Aë. argenteus*. Опыты Simmons, John и Reynolds, (1931) с 8—12—29 комарами давали отрицательный результат; заражение удавалось при повторном кормлении 125 *Aë. argenteus*. Chandler и Rice получали экспериментальную передачу денге при прерванном кормлении через 24—48 и 72—96 часов (1935). Можно, поэтому, вполне присоединиться к мнению Ferguson'a (1928), что *Aë. argenteus* имеет два периода заразительности денге для человека: через 1—3 дня после собственного заражения (контаминативная инокуляция) и после инкубационного периода длительностью не менее чем в 11 дней.

Наконец, отметим весьма важные и интересные данные Simmons, John и Reynolds (1931) о возможном носительстве вируса денге. Кормлением зараженных *Aë. argenteus* вирус денге можно привить макакам; но у обезьян не обнаруживается никаких симптомов заболевания; в то же время вирус денге в них размножается и между 3 и 9 днем после инфекции вирус может быть инокулирован с кровью другим обезьянам; наконец, от этих обезьян можно заразить комаров и через их посредство передать вирус другим обезьянам или заразить человека. В этом случае — в лице макак — мы видим классический пример вирусносительства, могущего иметь практическое значение в местностях, эндемичных по денге.

В заключение отметим, что, несмотря на общность переносчиков и известное внешнее сходство некоторых условий переноса (инкубационный период в организме комара, длительность заразительности крови больного и др.), вирусы желтой лихорадки и лихорадки денге, конечно, не идентичны друг другу.

Теперь перейдем к рассмотрению переносчиков вируса лихорадки папатачи, имеющей широкое хотя и не сплошное распространение в южной зоне СССР — начиная с Севастополя, Сев. Кавказа, Закавказья и кончая Ср. Азией и Киргизией. Поиски возбудителей лихорадки папатачи остались пока безрезультатными; совершенно

очевидно, что она не является спирохетозом. Фильтруемость вируса в крови больного доказана. Доказано так же, что ее специфическим переносчиком является комар *Phlebotomus papatasi*.<sup>1</sup> Возможно, что переносчиками служат и другие виды этого рода, напр. в Португалии — *Ph. perniciosus*, в Македонии — *Ph. minutus* и др. Однако эти указания Traubaud (1925) не могут быть приняты без проверки, так как видовые критерии в систематике, особенно самок комаров, в последнее время изменились благодаря введению новых опознавательных признаков внутренней морфологии комаров — именно структуры хитиновой пластинки глотки и хитиновой выстилки сперматеки. Поэтому вопрос точности видового определения самок комаров, о которых говорит Traubaud, обходя молчанием метод их определения, остается подверженным сомнению.

Как и в отношении вируса денге, можно отметить, что *Ph. papatasi* передает вирус лихорадки папатачи при определенной температуре — в опытах Wittingam'a не ниже 30° С. К сожалению, механизм передачи вируса москитами еще неясен. Что вирус в них проходит какой-то жизненный цикл, то несомненно (инкубационный период в 6—8 дней).

Если нам приходилось в вопросах о соотношении вирусов желтой лихорадки и денге оперировать пока с литературными материалами иностранного происхождения, то в отношении переносчиков лихорадки папатачи мы располагаем уже довольно обильной и ценной советской литературой, которая касается систематики и экологии комаров. Кроме того, в экспедиционном порядке была организована проба борьбы с москитами, в целях профилактики комариной лихорадки.

Не останавливаясь на фаунистической и систематической литературе, рассмотрим те экологические данные, которые имеют ближайшее эпидемиологическое значение в отношении лихорадки папатачи.

<sup>1</sup> Doerfl, Wittingham, Марциновский.

По ходу работы экспедиции кафедры общей биологии и паразитологии Военно-медицинской академии, ныне им. Кирова (Е. Павловский, А. Гудевич и П. Перфильев, 1932, 1933, 1934), в Севастополе был организован учет москитов в шести контрольных пунктах. Ловля москитов производилась механически на листы бумаги, смазанные касторовым маслом, и частично ручным способом. Параллельно был проведен учет заболеваемости лихорадкой папатачи в некоторых группах организованного населения. Сопоставление добытых данных, представленное в форме кривых, демонстрирует близкое параллельное соотношение хода обеих кривых: подъем количества пойманных москитов, отражающий интенсивность их вылета, предшествует росту заболеваемости москиткой как в первом летнем, так и во втором осеннем ее подъеме. Такое соответствие обнаруживается как в материалах по отдельным наблюдательным пунктам, так и по суммарному итогу всех добытых данных по москитам. Вылавливался почти исключительно *Ph. papatasi*, являющийся признанным переносчиком лихорадки папатачи; на Северной стороне иногда попадалась *Ph. major*, а в Херсонесе — *Ph. chinensis*. Усиление лёта москитов предшествует на несколько дней (равное инкубационному периоду москитки) подъему заболеваемости москитной лихорадкой. Интересно отмечаемое наблюдениями временное влияние неблагоприятных климатических факторов на падение числа вылавливаемых москитов и на последующее уменьшение заболеваемости москитной лихорадкой (после похолодания и дождей).

В Севастополе москиты дают два поколения в сезон, чему соответствуют два максимума москитки. Начало заболеваний в случаях нормального хода развития москитов приходится на первую декаду июня, вслед за вылетом первых москитов. Такое совпадение и ранняя заболеваемость москиткой могут быть объяснены лишь допущением возможности перезимования вируса москитной лихорадки в переносчике. Если бы в начале лета вылупились не зараженные москиты, то они должны

были бы почерпнуть инфекцию в каком-то „резервуаре“ и передать ее человеку. Однако промежуток между вылетом первых москитов и началом первых заболеваний москитной лихорадкой настолько короток, что при нем никак нельзя принять это второе толкование. Напомним, что принимаемое заключение согласуется с экспериментальными данными Wittingham'a, показавшего, что из яиц от зараженной самки выходит поколение москитов, могущее заражать человека лихорадкой папатачи.

Правда, мнения о механизме такой передачи лихорадки папатачи расходятся. На ряду с допущением возможности трансэмбриональной передачи вируса лихорадки папатачи полагают, что личинки могут заражаться, пожирая трупы погибших самок, обладавших соответствующим вирусом. Однако это разногласие не колеблет признания возможности сохранения вируса в зимующих фазах метаморфоза (личинки) москитов.

Наличие специфического переносчика лихорадки папатачи заставляет в поисках путей профилактики папатачи итти по линии организации прямой и косвенной борьбы с москитами. Первый опыт сравнительно в большом масштабе был поставлен той же экспедицией Военно-медицинской академии, о которой уже упоминалось выше. На ряду с выловом взрослых москитов большое внимание должно уделяться уничтожению возможных мест выплывания москитов, т. е. стадий, благоприятных для развития и жизни личинок и куколок москитов. В этой связи исключительное по важности значение приобретают поиски мест выплыва или мест обитания личинок москитов.

Мировая литература крайне бедна указаниями на места нахождения личинок и куколок москитов. Известны только редкие единичные находки в комнатах с земляным полом, загаженным куриным пометом, в стойле козла, в крысиных норах, в трещинах почвы ям и земляных валов, в заброшенных погребах, в строительном мусоре с органическими остатками и др.

В СССР также было положено немало труда на отыскание мест нахождения



личинок и куколок москитов; в огромном большинстве случаев поиски оказывались безрезультатными, все же некоторые находки сделать удалось, как случайно (напр., обнаружение Кремером одной личинки москита при переносе собачьей будки в Крыму), так и при специальных настойчивых поисках. Последние в руках П. Петрищевой (1935) и ее помощников привели к семи случаям нахождения личинок и куколок москитов в Ашхабаде, Иолотани, Геоктепе и Кара-кале (Туркмения) в свинарке, мусорном ящике, в старом загоне для скота, под гниющими растениями на огороде, в норах черепах и неизвестных обитателей (всего 5 личинок и 14 куколок). Камалов находил личинок москитов в Гори (Грузия) в помещениях домашних животных.

Однако поиски самих личинок, столь мало рентабельные, могут быть с успехом в ряде случаев заменены отысканием мест обильного вылета москитов. Для этой цели изолируют подозрительное место, напр., курятник, отхожее место и др., плотно закрывая щели и отверстия и оставляя только одно отверстие, на которое плотно прикрепляют сеточную москитоловку или ящик, выложенный внутри липкой бумагой. Вылетающие из изолированного помещения москиты механически вылавливаются, после чего могут быть сочтены и определены. Таким путем Л. Буракова за одну ночь выловила в Эривани из курятника около 4500 москитов (Буракова и Мирзоян).

В аналогичном порядке П. Петрищева добывала москитов из дупла яблони, заброшенного колодца, из покинутой норы незюкии, из уборной и др. (Туркмения).

П. Петрищева применила так же способ выборки подозрительного субстрата и помещения его под колпаки для вылова могущих вылупиться из взятых с субстратом куколок (гесп. личинок) москитов. В ряде случаев ею были получены удачные результаты, напр., в пробах из-под пола жилой комнаты (Кара-кала).

Места поселения москитов должны содержать органические остатки, годные для питания личинок, обладать извест-

ной влажностью (варирующей для разных фаз метаморфоза москитов) и быть темными. В связи с этим понятно, что места выплода москитов рассеяны диффузно, что делает обнаружение личинок этих насекомых делом случая.

Сложность дела усугубляется важным фактом, установленным недавно Ragot, что личинки москитов могут жить и проделывать метаморфоз, питаясь опавшими листьями различных деревьев. С этими данными вполне согласуются подсчеты П. Петрищевой, показавшей явное преобладание москитов (по учету их лёта) в озелененных местах.

Рассмотренные факты приводят к заключению, что в отношении москитов мы не обладаем такими способами скорого и точного обнаружения мест их поселения, как по отношению к малярийным комарам. Это весьма затрудняет борьбу с преобладающими стадиями москитов. Все же борьба возможна при условии направления внимания на уничтожение всех мест возможного выплода москитов (очистка помещения скота, мусорных ящиков, почвы под ними, обработка уборных, обработка и очистка всей поверхности почвы и др.). Работа, проводимая в таком порядке экспедицией Военно-медицинской академии, дала ободряющие результаты в смысле общего снижения количества вылетающих москитов и известного снижения заболеваемости в контрольных пунктах работы. В особенности интересны данные в одном из обособленных пунктов, где удалось свести почти на-нет первую генерацию москитов, и имеются лишь единичные и, повидимому, заносные случаи москитки.

Но вопросы борьбы с москитами (мы оставляем без рассмотрения меры борьбы с окрыленными москитами) усложняются еще в одном отношении. Детальные исследования Я. Власова и П. Петрищевой в Туркмении показали, что норы грызунов и других животных являются весьма важными биотопами для жизни москитов. Самый факт обнаружения москитов в норах хотя и не нов (см. Ragot, Алжир), но интерпретация этого обстоятельства и практические выводы из этих наблюде-

ний ведут к оригинальным заключениям. Во-первых, москиты широко распространены в стадиях „дикой природы“, где могут жить вне всякой зависимости от человека и в то же время энергично на него нападать, когда он вступает в пределы этой стадии. Во-вторых, в дикой природе может встречаться (иногда в большом количестве) даже *Ph. papatasi*, который обычно считается „домашним“ — антропофильным видом москитов. В-третьих, при переходе самих стадий от положения в дикой природе к состоянию освоения человеком с его оседанием, — дикие обитатели стадий, хотя бы в лице *Ph. papatasi*, концентрируются вокруг человека, используя его как объект питания, что может иметь существенное эпидемиологическое значение (Петрищева).

Все эти данные, которые отмечены здесь лишь в самых общих чертах, выдвигают на очередь задачу борьбы с москитами и в стадиях дикой природы (норы, логова, гнезда, пещеры и др.) как в районе жилья, так и в каком-то радиусе его окружения.

Второе заключение касается необходимости поисков резервуаров вируса лихорадки папатачи среди различных диких животных (обитателей нор, логовищ, пещер и др.), которых москиты используют, как и человека, для своего питания.

Ограничиваясь изложенными выше материалами для демонстрации значения специфических переносчиков фильтрующихся вирусов желтой лихорадки, денге и лихорадки папатачи и направлений их исследований, отметим, что по отношению к ряду других фильтрующихся вирусов подозревается участие некоторых переносчиков в их распространении. Таковы, напр., вирусы пернициозной анемии лошадей, энцефаломиелита лошадей, чумы лошадей (Центр. и Южн. Африка), катарральной лихорадки овец (Южн. Африка), оспы птиц, и из болезней человека — детского паралича (полиомиелит), оспы и др. Не имея возможности рассмотреть здесь основные материалы, отметим их скудость и малую изученность. По отношению к некоторым вирусам имеются лишь единственные опыты, давшие поло-

жительный результат с передачей их при посредстве того или другого переносчика (напр., *verruca peruviana* и *Phlebotomus verrucarum*, детский паралич и муха жигалка и др.). В других случаях участие переносчиков в распространении вируса предполагается на основании эпидемиологических соображений. Несомненно, что в распространении некоторых из указанных вирусов играют роль механические переносчики. Такими могут быть не только кровососущие мухи (напр., комнатная муха и *Fannia canicularis* для вируса холеры свиней, может быть, *Lucilia serenissima* для ящура и др.), но и кровососущие насекомые (слепни, комары для других вирусных болезней).

Интересны новые данные Vos (1934), изучавшего возможную роль комаров в передаче вируса куриной оспы. Комары передают ее в срок после своего заражения — *Aedes argenteus* — до 15 дней *Culex pipiens* — до 75 дней, *Theobaldia annulata* до 70 дней и *Anopheles maculipennis* до 210 дней. В хоботке комара вирус может оставаться до 185 дней. Развития вируса в комарах не происходит, и передача его осуществляется чисто механическим путем. И другие кровососущие членистоногие могут передавать этот вирус, но в течение гораздо более короткого срока (клещи, клопы, жигалки и др.). Stein (1935) подтвердил данные Scott'a (1920) о передаче вируса злокачественной анемии жигалкой (*Stomoxys calcitrans*). Nieschulz с сотрудняками работают над изучением возможности передачи вируса чумы лошадей через комаров и т. д.

Данные о механических переносчиках фильтрующихся вирусов крайне скудны, и роль их в эпидемиологии соответствующих болезней в большинстве случаев еще темна. Здесь открыто широкое поле для плодотворной исследовательской работы.

Изучение роли переносчиков в распространении фильтрующихся вирусов тесно связано с исследованием самих вирусов и вызываемых ими болезней. Каждое из этих трех направлений относится к самостоятельной крупной науке — паразитологии, микробиологии

и патологии (включая клинику этих болезней). При таком соотношении названных специальностей, соприкасающихся друг с другом в сфере взаимных интересов, весьма важна форма комплексного исследования, обеспечиваемого сотрудничеством паразитолога, микробиолога и патолога. Такая комбинация авторов может обеспечить изучение фильтрующихся вирусов и роли их

переносчиков в эпидемиологии соответствующих болезней; эта проблема по своему существу является задачей исследования циркуляции фильтрующихся вирусов во внешней среде, в организме носителей (включая больных) и переносчиков, причем последние должны изучаться, как сочлены биоценоза стадий в условиях всех форм возможного контакта их с человеком.

## БОЛЬ И ЕЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ<sup>1</sup>

Акад. Л. А. ОРБЕЛИ

Вопрос о боли интересует нас с различных точек зрения — прежде всего в силу того, что каждому из нас приходится при различных обстоятельствах испытывать боль. Нет человека, которому не приходилось бы ее испытать. Боль является симптомом патологических процессов, разыгрывающихся в тех или иных частях организма; боль является результатом внешних раздражений, переходящих определенной силу и носящих уже разрушительный, повреждающий характер. Следовательно, мы можем рассматривать и рассматриваем боль как сигнал опасности, как защитное приспособление, вызывающее специальные защитные реакции и обеспечивающее сохранение организма и вида. Наконец, приходится считаться с тем, что раздражения, вызывающие боль, сопровождаются целым рядом сдвигов в организме, сдвигов, которые не безразличны для правильного функционирования различных органов и во многих случаях могут принять такое количественное значение, что делают причиной вторичных патологических состояний.

Несмотря на это, во всех основных пунктах проблемы боли мы наталкиваемся на значительную неполноту наших знаний. По целому ряду основных вопросов существуют противопо-

речия. Открытым остается вопрос о центральных образованиях, осуществляющих высшее представительство болевой чувствительности; не разрешен еще вопрос, нужно ли рассматривать боль, как самостоятельную чувствительность, основанную на наличии особого, раздельного от начала до конца аппарата, или за проявление деятельности тех же систем, которые при более умеренных раздражениях дают ощущения другого порядка — тактильные, холодовые, тепловые. На ряду с учением Макса Фрея о полной самостоятельности болевой чувствительности и о независимости ее аппарата, мы имеем учение Гольдшейдера, Рише, Пиерона, которые в различных выражениях связывают боль с другими видами чувствительности. Я не могу входить в разбор этих учений, каждое из которых представляет в известных отношениях несомненные преимущества перед другими, в каждом из которых мы обнаруживаем исключительной ценности соображения, подкрепленные красивейшими фактическими находками. Отдавая дань уважения всем этим теориям, я вынужден в своем дальнейшем изложении придерживаться какой-нибудь одной теории. Я буду придерживаться теории М. Фрея, как наиболее простой и вместе с тем более удобной для сопоставления с фактическими данными, обнаруженными мною и моими сотрудниками и проливающимися, как мне кажется, свет на некоторые темные

<sup>1</sup> Доклад, читанный на пленарном заседании XV Международного физиологического конгресса в Ленинграде 13 августа 1935 г.

пункты проблемы боли. К рассмотрению этих фактов я и хочу привлечь ваше внимание.

Прежде всего я должен напомнить о чрезвычайно интересном учении об афферентных системах, которое было построено в 1905 г. английским неврологом Генри Хедом, который расчленил все виды кожной чувствительности на две категории: протопатическую и эпикритическую. К первой он отнес чувствительность болевую и грубую температурную, к эпикритической — тактильную (to touch) и тонкую температурную.

Чрезвычайно интересный момент в учении Хэда заключается в том, что он обнаружил существование определенных взаимоотношений, известного взаимодействия между этими двумя категориями чувствительностей.

По представлению Хэда, дело должно обстоять так, что в истории развития у организмов чувствительности имеются две стадии — одна древняя, другая — более поздняя. Протопатическая чувствительность должна представлять собой чувствительность филогенетически древнюю, а эпикритическая чувствительность является филогенетически более поздней. Взаимоотношения между этими системами сложны: они до известной степени конкурируют друг с другом, а с другой стороны, друг друга дополняют. Конкуренция выражается в том, что под влиянием сопутствующих тактильных ощущений (эпикритических) протопатическая болевая чувствительность оказывается несколько заторможенной, в результате чего при нормальных отношениях мы никогда не испытываем тех болей, которые характеризуют протопатическую чувствительность при начальных стадиях регенерации. Если же протопатическая чувствительность имеется в наличии одна, то боль принимает нестерпимый характер.

Второе влияние эпикритической чувствительности заключается в том, что сопутствующие тактильные ощущения обуславливают нашу способность локализовать боль, и если мы всегда с закрытыми глазами можем точно сказать, где мы испытываем боль от укола, то это

объясняется тем, что одновременно приводится в действие и протопатический элемент, дающий ощущение боли, и эпикритический, дающий сопутствующее тактильное ощущение.

Хэд обнаружил, что когда ему наносили раздражение на участок с чисто протопатической чувствительностью и он испытывал нелокализуемую боль, то нанесение где-нибудь в близлежащей нормальной области раздражения ваткой или волоском вело к тому, что боль становилась не только более слабой, но и локализуемой, появлялась возможность указать, откуда исходит эта боль. Особенно любопытным оказалось, при этом, что боль проецируется не туда, где происходит укол, а туда, где касаются ваткой или волоском. Для нас, врачей, это очень важно. Вы знаете, что болевые ощущения, исходящие из внутренних органов, являются не точно локализуемыми. Мы не можем при заболеваниях определить, где причина нестерпимой боли; обычно мы жалуемся пользующему нас врачу, что боль ощущается в какой-либо части тела, но тщательное исследование обнаруживает, что в этой области ничего нет, а имеется заболевание какого-либо из внутренних органов, которое дает так называемую отраженную или неправильно локализованную боль.

В учении Генри Хэда мы уже находим моменты, которые дают нам некоторый путь для объяснения неправильной локализации боли. Ощущения, исходящие из кожной поверхности, очень разнообразны, постоянны, отчетливо выражены как по качеству, так и по локализации, тогда как ощущения, которые идут изнутри и притом только при определенных условиях (при патологических процессах), носят болевой оттенок и сами по себе не локализованы: локализация обуславливается до известной степени сопутствующими раздражениями, которые исходят из каких-то определенных участков тела. При обычных же условиях никаких болей мы не испытываем. Значит, нужно допустить новые осложняющие обстоятельства.

Я хотел бы привлечь внимание к ряду фактов, которые были получены у нас

в лаборатории и которые до известной степени подтверждают точку зрения Хэда. Одно из явлений заключается в следующем. Несколько лет назад, еще в 1927/28 г., в моей лаборатории была выполнена работа моего сотрудника А. А. Волохова. Мы перерезали на уровне верхней трети бедра седалищные нервы у собаки и сейчас же их сшивали, чтобы вести наблюдение за ходом регенерации нервов и реституции чувствительности задних конечностей. Мы обнаружили, что уже через 60—70 дней после операции появляются чувствительные к уколу пункты, притом, что особенно интересно, соответствующие описанию, данному Хэдом, и описанию, которое впоследствии, на основании опыта мировой войны, дал немецкий невропатолог Ферстер. В начальной стадии регенерации получается явная картина гиперпатии, т. е. повышенной реакции на боль. Когда мы ведем наблюдения над собакой или кошкой, мы не можем, в сущности, говорить о боли, потому что мы не переживаем их ощущений, а они нам о них не могут рассказать; но внешние проявления дают нам основание сопоставлять явления, наблюдаемые у животных, с явлениями, происходящими в человеческом организме. Так вот бросается в глаза такой факт, что на булавочный укол, нанесенный на нормальный участок кожи, животное отвечает сравнительно умеренными рефлекторными подергиваниями. В начальной стадии регенерации, которая падает на хэддовский период протопатической чувствительности, вы видите, что реакция является чрезвычайно усиленной и генерализованной — собака не ограничивается тем, что отдергивает лапу, она вся начинает дергаться, вздрагивать и даже кричать. Мало того, оказывается, что в соответствии с указаниями Хэда вы должны колнуть более основательно, чем в нормальных условиях. Иначе говоря, порог повышен, но реакция усилена и генерализована.

В дальнейшем обнаруживается еще следующее любопытное явление: оказывается, что если вы сегодня исследовали участок кожи и обнаружили 10—

12 точек, в которых имеется чувствительность к уколу, с которых укол вызывает защитную генерализованную реакцию на укол, то это не значит, что вы и завтра найдете на этих пунктах реакцию на укол. Вы можете, обнаружив эти точки, наносить краской значки, и убедитесь, что на следующий день как будто бы большинство этих точек исчезло, как будто бы никаких рецепторов нет, а между тем по соседству есть точки, которые вызывают соответствующую реакцию. Вы смотрите на третий день, и оказывается, что осталась часть точек от первого дня, часть точек от второго дня, появились новые точки. Итак, день ото дня, вы убеждаетесь, что есть точки, которые сегодня реагируют, а завтра нет.<sup>1</sup>

Таким образом мы должны были прийти к заключению, что наши рецепторы и связанные с ними афферентные системы функционируют не всегда, что существует какое-то поочередное вступление их в деятельность и поочередное выключение их. Если в обычных, нормальных условиях мы этого не улавливаем, то, очевидно, потому, что вся поверхность нашей кожи усыпана мириадами рецепторов и мы раздражаем группу рецепторов, из коих некоторые реагируют, а некоторые не реагируют. Это явление не представляет собой чего-либо парадоксального, потому что мы наталкиваемся на сходные явления на каждом шагу, хотя бы даже при изучении восстановительного и окислительного процессов в тканях у низших организмов. Наблюдая, напр., какой-нибудь гидроиный полип под микроскопом в среде, содержащей метиленовую синь, вы видите, как одни клетки окрашиваются, а другие обесцвечиваются и т. д. (Riddle).

Нечто подобное разыгрывается и в наших рецепторных аппаратах. Это обстоятельство я считаю нужным подчеркнуть, потому что оно дает объяснение многим из тех явлений, которые мы наблюдаем. Например, при операциях на внутренних органах оказывается, что внутренние органы являлись нечувствительными, но впоследствии вдруг по-

<sup>1</sup> Сходные явления наблюдались раньше, чем у нас, в лаборатории Н. А. Рожанского.

является боль, — это указывает на то, что рецепторы и соответствующие центры имеются, но обычно находятся в таком функциональном состоянии, при котором они не реагируют на раздражения, и только при определенных условиях они приводятся в действие различными воздействиями.

Второе явление, на котором я хочу остановиться, заключается в следующем.

В последние годы я и Панкратов экспериментально производили перерезку чувствительных проводников в спинном мозгу. Например, мы перерезали задние столбы спинного мозга, по которым проходят волокна проприоцептивной и тактильной чувствительности. Перерезаем мы их на уровне первого шейного позвонка. В некоторых опытах мы перерезаем те же пути выше, в области *thalami optici*. В результате получаем явную диссоциацию чувствительностей. У животного остаются все объективные признаки болевой реакции: все реакции, которые обычно связываются с болью, оказываются налицо и притом чрезвычайно усиленными. Если ущипнуть хвост оперированного так животного, оно начинает громко кричать, вся мускулатура приходит в движение. Но на ряду с этим оказывается, что осторожное прикосновение к волосам не сопровождается никакой двигательной реакцией. Вместе с этой диссоциацией обнаруживается курьезное явление: хотя животное сильно реагирует на повреждающее раздражение, на щипок, но оно не показывает никаких признаков способности определять место нанесения раздражения — оно не поворачивается к хвосту, как делают нормальные или ослепленные кошки. Животное с перерезанными задними столбами, с перерезанными проводниками тактильной чувствительности кричит, рвется, неудержимо бежит, но не делает ни малейшей попытки повернуться и устранить зажим с хвоста. Это ясно указывает на то, что возникающее болевое ощущение является нелокализованным и сопровождается усиленной генерализованной реакцией. Это обстоятельство, конечно, в высшей степени важно.

Теперь я должен остановить ваше внимание на совершенно другом ряде явлений, тоже полученных у нас в лаборатории. Явления эти позволяют нам подойти к вопросу о боли с несколько особой точки зрения. Речь идет о том, что мы в течение последних 12 с лишком лет занимаемся выяснением влияния симпатической нервной системы на процессы, разыгрывающиеся в возбужденных тканях и органах.

Мы начали работать еще в 1920/21 г., когда я высказал предположение, что скелетные мышцы в отношении иннервации поставлены гораздо сложнее, чем мы обычно предполагаем, что они тоже получают иннервацию со стороны вегетативной нервной системы, и, может быть, эта вегетативная иннервация производит и в скелетной мышце такие же изменения функциональных свойств, как в сердце.

Все эти соображения легли в основу известных теоретических допущений, которые повели к ряду работ. В результате мне и моим сотрудникам удалось обнаружить целый ряд фактов, которые свидетельствуют, что пороги возбудимости, условия перехода возбуждения с нерва на мышцу, способность скелетных мышц развивать и удерживать то или иное напряжение в течение более или менее продолжительного промежутка времени — все это контролируется, регулируется со стороны симпатической нервной системы, притом независимо от регуляции кровообращения, потому что все явления могут протекать при условии полного отсутствия кровообращения в изолированном нервномышечном препарате.

Эту точку зрения я перенес с мышечной ткани на чувствительные приборы — на органы чувств (рецепторы) а затем и на центральную нервную систему. Уже давно гистологами было показано, что большинство рецепторов, большинство периферических концевых нервных приборов имеют не только толстые нервные волокна, но еще и дополнительную аксессуарную иннервацию. Можно было высказать два предположения. Одно предположение такое, что, может быть, от каждого рецептора идут две системы чувствительных волокон —

тонких и толстых; другое, что тонкие акцессорные волокна являются центробежными, приносящими к рецепторам импульсы со стороны центров. Я высказал предположение, что тонкая акцессорная иннервация есть иннервация, имеющая симпатическое происхождение. И действительно, специальным гистологическим исследованием нам удалось это обстоятельство подтвердить в случае рецепторов языка (Ю р ь е в а).

Уже первые физиологические исследования привели к тому, что у лягушки с отрезанным головным мозгом раздражение симпатического нерва на одной стороне оказывает влияние на временные отношения спинномозговых рефлексов. Если нормально время рефлекса совершенно одинаково на левой и правой стороне, то после раздражения симпатического нерва на одной стороне, при перерезанных *gami communicantes* на другой, сплошь и рядом удавалось наблюдать наступление асимметрии с очень резкой разницей, напр., 10 и 80 сек. (Т о н к и х).

Эти данные, казалось бы, вполне подтвердили наше предположение, что рецепторы иннервируются со стороны симпатической системы, но в дальнейшем в ряде опытов было обнаружено, что иногда, и даже очень часто, влияние симпатического нерва оказывается двусторонним. Вы раздражаете правую сторону и получаете изменение времени рефлекса двустороннее (Т о н к и х). Следовательно, волокна симпатического нерва оказывают влияние на общую часть рефлекторных дуг правой и левой половин тела, т. е. на спинной мозг. Мы пришли к обнаружению адаптационного и, вероятно, трофического влияния на спинномозговую ось. Дальнейшие исследования дали возможность говорить о подобных же влияниях симпатической системы на продолговатый мозг (на дыхательный и сосудодвигательный центры), на таламическую область, на кору больших полушарий. Все отделы рефлекторных дуг оказались под контролем симпатической нервной системы.

Следующий существенный и важный момент заключается в том, что симпатическое волокно, берущее начало от клетки в каком-нибудь симпатическом

ганглии, передает импульсы и к внутренним органам, и к мышцам, и к кровеносным сосудам, и к центральной нервной системе. Опыты других лабораторий, в особенности опыты копенгагенского клинициста Верноэ показали, что в периферической симпатической системе очень распространено ветвление осевого цилиндра на коллатерали, что существует закономерная связь между определенными внутренними органами и теми метамерами тела, с которыми данные органы стоят в связи эмбриологически. Следовательно, каждый пояс кишечной трубки имеет связь через аксоны симпатических клеток с определенными метамерами тела.

Верноэ разрушал головной и спинной мозг рыб и наблюдал, что, раздражая определенный участок кишки, можно вызвать изменение (сужение) сосудистого просвета и сокращение мезентероподвешенного метамера кожи и, наоборот, раздражением этого метамера кожи можно вызвать движение определенного отрезка кишки. Аналогичные данные были получены и у нас частью до Верноэ, частью после него (С п е р а н с к а я - С т е п а н о в а, Т о н к и х). В частности, обнаружен целый ряд таких аксонных связей за счет симпатических клеток, и для сердца (Т о н к и х).

Сопоставляя все изложенное, я позволил себе построить новую иннервационную схему. Она отражает то положение, какое имеет место в действительности. Если имеется накопление твердых каловых масс, или камни в желчном протоке и т. п., создаются условия не только для раздражения специальных чувствительных волокон, которые здесь имеются и которые при спазмах кишок, при давлении камня на чувствительные окончания и т. д. должны проводить обычным путем импульсы в мозг, но могут быть раздражены и разветвления симпатического нерва. А в соответствии с этим в силу двусторонней проводимости нервных волокон, по аксонным связям симпатические импульсы сказываются и на чувствительных окончаниях, и на спинном мозге, и на скелетных мышцах. Они сказываются тем, что возникают адаптационно-трофические влияния, что

изменяется возбудимость, работоспособность, ход питания, физическое состояние ткани. Это может иметь уже следующие последствия: под влиянием патологического процесса, разыгрывающегося во внутреннем органе, группа рецепторов в определенном метамере тела может оказаться в состоянии измененной (напр., повышенной) возбудимости, а это приводит к тому, что рецепторы начинают реагировать на ничтожные раздражения. Если рубашка никаких особенных ощущений не вызывает в обычных условиях, то здесь нельзя прикоснуться рубашкой: на участке гиперэстезии малейшее прикосновение вызывает особо тягостное ощущение. Иногда дело доходит до того, что самое нарушение температуры кожи, нарушение кровообращения уже ведут к раздражению, и в результате возникают ощущения даже тогда, когда для этого достаточных внешних поводов, казалось бы, и нет. Если окажется, что это касается не тактильных, а болевых рецепторов, то вы получите не гиперэстезию, а гипералгезию. Если бы оказалось, что болевые рецепторы периферических органов сами-по-себе не находятся в особом состоянии, а со стороны внутренних органов идут болевые импульсы, то где эта боль может быть локализована? Боль локализуется не сама-по-себе, она локализуется в области тактильных рецепторов, которые особенно возбудимы в данный момент. При наличии зон гиперэстезии боль будет локализоваться в области этой гиперэстезии.

Мы и получаем определенные основания для того, чтобы признать, что и неправильная локализация боли, и возникновение зон гиперэстезии и гипералгезии есть результат аксонных влияний, результат изменения функциональных свойств рецепторов, а может быть, и определенных отделов центральной нервной системы через отростки симпатических волокон.

Далше мы должны представить себе, что со стороны внутренних органов могут быть вызваны настоящие, истинно-рефлекторные реакции. Ведь мы и знаем о существовании истинных рефлексов — спинномозговых „висцеромо-

торных рефлексов“. Оказывается, что при определенных условиях этот рефлекс может быть осложнен теми же аксонными влияниями через симпатическую систему. Это должно привести к тому, что нарушится ход нормальных реакций. Мы знаем, что при нормальных условиях рефлекторной деятельности все признаки сегментарности оказываются затушеванными. Но мы можем получить сегментарные рефлексы или еслиотрежем сегмент спинного мозга от соседних сегментов, или если при помощи ядов вызовем локализованное повышение возбудимости определенного сегмента мозга.

Теперь представьте себе, что вы имеете нервный прибор в виде аксонных разветвлений симпатической клетки, способных вызывать изменение возбудимости рецепторов, изменение работоспособности и физического состояния мышц, изменение функционального состояния спинного мозга. Вы можете получить такое изменение возбудимости, что определенный сегмент начнет функционировать иначе, чем все остальные сегменты, и получится не общая правильная координированная двигательная реакция, а реакция только в определенных метамерах. Вы получите истинно-спинальный рефлекс, но осложненный аксонным рефлексом. И вот я и допускаю возможность, что то, хорошо известное клиницистам, явление, которое обозначают словами *défense musculaire*, явление, характерное по локализации для заболеваний каждого органа, есть такой истинноспинальный висцеромускулярный рефлекс, осложненный симпатическим аксонным рефлексом.

Таким образом, комбинируя данные учения Хэда и наши данные, а также данные клиницистов (Верноэ), которые показали ветвление аксонов в симпатической системе, мы и получаем возможность вполне удовлетворительно объяснить и зоны гиперэстезии-гипералгезии, и отраженные боли, и висцеромоторные рефлексы.

Позвольте перейти к выяснению тех эффектов, которые возникают в организме под влиянием сильных раздражений, связанных у нас с ощущением боли. 69



Как известно, защитные реакции на болевые раздражения бывают двоякого рода. Некоторые животные отвечают активной реакцией возбуждения, выражающейся или отодвиганием от раздражителя, или отстранением его, или бегством, или агрессивными действиями. Другие, наоборот, проявляют реакцию пассивную — обмирают или впадают в состояние оцепенения. На ряду с этими двумя реакциями моторной системы протекают различные нарушения (отклонения) вегетативных функций, значение и механизмы которых еще далеко не разъяснены. Как примеры могут быть названы: нарушения кровообращения, ведущие к повышению или падению кровяного давления, торможение деятельности желез, паралич сфинктеров, анурия и т. д.

Как известно, все эти реакции рассматривались сначала как непосредственные рефлексы на те или иные органы через посредство вегетативной нервной системы. Позже возникло учение о вмешательстве надпочечных желез, ведущем к выбрасыванию в кровь адреналина и вторично влияющем на органы на подобие симпатической системы. Особенно Кеннону и его сотрудникам мы обязаны выяснением этого механизма. Обнаружение фактов, свидетельствующих о рефлекторной адреналинемии, повело к попыткам обнаружения реакций со стороны других органов внутренней секреции. Я и мои сотрудники: Дионесов, Лейбсон, Кисель, Михельсон, Гэгзян, Мушегян и Данилов, изучая механизм рефлекторной анурии, торможения желудочной секреции и поведения моторно-денервированной мышцы, должны были прийти к заключению, что на ряду с прямыми эффектами вегетативной нервной

системы, на ряду с влиянием адреналина должно быть допущено еще участие гормона задней доли гипофиза.

И действительно, Данилову и Рейдлеру удалось обнаружить при сильных раздражениях афферентных нервов повышение в цереброспинальной жидкости способности влиять на меланофору лягушки подобно питуитрину. Я считаю необходимым подчеркнуть, что указанные мною эндокринные сдвиги не исчерпывают всей картины. Механизм физиологических влияний болевого раздражения должен быть подвергнут дальнейшему анализу. Я хотел бы обратить внимание на то обстоятельство, что все многочисленные сдвиги, действуя на различные органы, частью синергетически, частью антагонистически, создают чрезвычайно пеструю картину, меняющуюся в зависимости от силы раздражения. Выпадение одного из органов внутренней секреции, нарушая равновесие между агентами, ведет иногда к такой картине, которая оказывается для организма роковой. Так, по нашим наблюдениям, удаление надпочечников лишает животное способности переносить эффекты болевых раздражений: в то время как нормальное животное под хлоралозным наркозом может в обстановке острого опыта переносить очень большое число болевых раздражений, адреналэктомированное — погибает при третьем или четвертом.

Я думаю, что систематическое изучение всех нарушений, которые создаются в организме при действии сильных раздражений афферентных нервов, представляет интересную задачу и может дать ключ для понимания биологической роли боли и механизма ее защитного действия.

## О СУЩНОСТИ „ПОДСОЗНАТЕЛЬНОГО“ В СВЕТЕ ДАННЫХ НЕВРОЛОГИИ

*Проф. М. И. АСТВАЦАТУРОВ*

Вопрос о подсознательных элементах психики, возникши как философская проблема, через психологию перешел в область неврологии. Такую эволюцию проделали и некоторые из других вопросов, касающихся психической деятельности. И нельзя не признать, что клиника в значительной степени содействовала их уяснению. Те нарушения психической функции, которые наблюдаются в результате болезненных процессов, представляют собой нередко явление выпадения отдельных элементов психики; по такому „негативу“ мы можем заключать о „позитиве“, т. е. из картины, возникающей вследствие выпадения деятельности известного механизма психической деятельности, мы можем заключать о сущности и значении этого механизма в нормальных условиях. Патологические состояния являют нередко картину расчленения составных частей психического процесса, благодаря чему создаются условия для изолированного проявления отдельных элементов психического процесса. Наконец, что особенно важно, клиника дает возможность истинного биологического обоснования психических явлений в смысле установления анатомио-физиологической сущности различных механизмов психического процесса. Хотя современная неврология все более и более отрешается от бывших некогда тенденций к узко-локалистическим установкам в понимании психических явлений и все более склоняется к признанию сложности психического процесса и сочетанного участия в его осуществлении различных отделов нервной системы, тем не менее не подлежит сомнению, что различные проявления психики имеют преимущественную связь с определенными анатомическими аппаратами и что определенным ограничен-

ным областям мозга принадлежит основная, ведущая роль в осуществлении определенных психических процессов.

Под термином „подсознательные психические элементы“ следует разуметь совокупность психических факторов, которые, не будучи данными в сознании субъекта, не составляя запаса сознания, могут оказывать влияние на сознательные процессы в смысле определения содержания сознания.

Вопрос о подсознательной сфере с неврологической точки зрения может быть сформулирован следующим образом: существуют ли клинические факты, которые заставляли бы признать существование психических переживаний, не переходящих в область сознания, но могущих оказать на эту последнюю определяющее и направляющее влияние? И если такие факторы существуют, то какие отделы мозга являются их анатомио-физиологической основой?

Первые указания на проявление подсознательных элементов психики в клинических симптомах принадлежат Фрейду (Freud). Как известно, Фрейд для объяснения сущности истерии должен был признать наличие подсознательных психических элементов. Впоследствии роль подсознательной сферы была признана Фрейдом и по отношению к другим патологическим и нормальным проявлениям психической деятельности, и представление о подсознательных элементах легло в основу созданного Фрейдом учения о психонализе.

История развития идеи о подсознательном в учении Фрейда сводится в основных чертах к следующему.

Анализ некоторых истерических симптомов привел Фрейда к убеждению, что в основе их лежит символическое выражение известных аффективных состояний, которые сознательно боль-

ными не переживаются. В одной из своих ранних статей (1893 г.) Фрейд следующим образом иллюстрирует те основания, которые дают, по его мнению, право признать осуществление подсознательных психических элементов.

Если, говорит он, мы имеем перед собой человека, который обнаруживает признаки переживаемого им аффективного состояния в форме плача, крика, беспокойства, то мы имеем основания признать у этого человека наличие того душевного процесса, который соответствует этим внешним проявлениям. Здоровый человек может с точностью объяснить причину обнаруживаемых им аффективных проявлений. Для истерика же причина обнаруживаемых им во время припадков аффективных состояний остается неизвестной. Этот факт влечет за собой вопрос о том, чем объясняется наличие у истеричных таких аффективных переживаний, о причинах которых они не знают. Если, говорит Фрейд, подробно проанализировать всю прошлую жизнь больного, то всегда удастся установить существование какой-либо душевной травмы, т. е. резкого аффективного переживания, вполне соответствующего тем аффективным проявлениям, которые данный истерик обнаруживает во время припадка. Из этого следует, что больной находится в своеобразном душевном состоянии, при котором нарушена связь впечатлений и воспоминаний; при этом возможны такие аффективные состояния, которые имеют внешние проявления, но не содержатся в сознании субъекта. От этой „теории объяснения“ Фрейд перешел к „теории понимания“, сущность которой состоит в расчленении понятия о психическом на сознательное и бессознательное или подсознательное.

Содержание психики было формулировано Фрейдом в следующих положениях:

1. Все переживания индивидуума сочетаются в ассоциативно-связанное целое.

2. Часть психического содержания имеет характер „сознательного“; оно имеет феноменологическую определенность, дано в „Я“ субъекта; „Я“ субъекта контролирует эту часть психиче-

ского содержания и проявляет ее в сознательных действиях.

3. Другая часть психического „живет и действует вне зависимости от сознания“, т. е. не составляет существенной составной части сознания, не контролируется со стороны „Я“ субъекта.

Источником для этого подсознательного материала психики являются различного рода переживания, имеющие резкую аффективную окраску. Различные желания и влечения, не осуществимые по тем или другим причинам, вытесняются из сознания; но при этом вытеснении устраняются лишь соответствующие представления; что касается аффективного элемента этого переживания, то он не исчезает совершенно, а, отщепившись от соответствующего ему представления, переходит в область бессознательного или подсознательного; оставаясь под порогом сознания, этот отщепившийся аффект, на подобие „инородного тела“, может действовать на психический процесс. Такие обрывки аффективных переживаний могут при известных условиях обнаруживаться в качестве различных проявлений психики. Так как они представляют собой элемент, подаваемый сознанием, то они никогда не проявляются в непосредственной форме, а в замаскированном виде, т. е. проявление подсознательного элемента имеет всегда характер символики, аллегории. Так, напр., подавляемое, вытесняемое из сознания отвращение (моральное, сексуальное) может проявиться истерической рвотой.

Утверждение о символическом проявлении вытесненных из сознания представлений составляет весьма важную часть учения Фрейда о подсознательных элементах психики. Для обозначения этого процесса постоянного вытеснения из сознания, подавления известных представлений Фрейд применил термин „цензура“. Действие этой цензуры приводит к тому, что даже при благоприятных условиях для проявления подсознательных элементов они выражаются не в своей первичной форме, а в символической. Такое превращение подсознательных элементов, напр. проявление их в форме соматических симптомов, Фрейд обозначает термином „деренос“ („conversion“).

Каковы же условия для проявления подсознательных элементов? Сюда относятся все состояния понижения деятельности сознания; к числу их относятся патологические состояния психики, нарушения внимания и т. п. Весьма благоприятным для символического проявления подсознательных элементов является сон: сновидения, по Фрейду, представляют собой не что иное, как символизированное воспроизведение подсознательных представлений, которые в бодрственном состоянии вытесняются из сознания, а во время сна, вследствие угасания сознательной деятельности и ее подавляющего влияния на подсознательную сферу, обнаруживаются; однако под влиянием продолжающегося действия „цензуры“ эти представления обнаруживаются не в своей первичной форме, а символически. Фрейд и его последователи установили, на основании своих исследований, целую систему „толкования сновидений“ („Traumdeutung“), т. е. расшифрования символики сновидений, установления связи между образами сновидений и теми подсознательными обрывками представлений, которым эти образы соответствуют. В большинстве эта символика имеет сексуальный характер, что находится в связи с утверждением Фрейдовской школы, что основным материалом для подсознательной сферы служат переживания сексуального характера.

Если игнорировать это необоснованное преувеличение роли сексуальных факторов в символике сновидений, то нельзя не признать, что теория Фрейда представляет собой весьма ценный вклад в учение о сновидениях. Следует прежде всего отметить, что он впервые подверг научно-медицинскому анализу этот вопрос, который ранее не выходил за пределы общежитейских суеверных представлений. Кроме того, Фрейд впервые, быть может с допущением некоторых ошибок, поставил вопрос о диагностическом использовании сновидений.

Итак, в противоположность суеверным представлениям о том, что сновидения являются указанием на будущее, Фрейд показал, что они являются указанием на прошлое; сновидения пред-

ставляют собой по Фрейду символизированные обрывки бывших в прошлом переживаний. Сновидения, по Фрейду, не являются, как это обычно думают, фактором, нарушающим сон; напротив, сновидение есть „хранитель“, сна. Подсознательное аффективное напряжение, которое может быть препятствием нормальному сну, разряжается, воплощаясь в образ сновидения, и таким образом не происходит нарушения сна.

Область проявления подсознательной сферы не исчерпывается неврозами и сновидениями. В легендах, в религии, в художественном творчестве школа Фрейда находит проявление подсознательных аффективных напряжений, соответствующих неосуществленным желаниям и влечениям. Здесь, в анализе исторических явлений, фрейдизм не только не содействует прогрессу науки и общества, но играет прямо-реакционную роль. Наконец, в целом ряде явлений обыденной жизни („Psychopathologie des Alltagslebens“) Фрейд признает проявление подсознательных факторов; сюда относятся „непроизвольные действия“, некоторые жесты, описки, забывчивость по отношению к определенным словам или событиям. Многие обмолвки, наблюдающиеся в обыденной жизни, также являются по Фрейду результатом влияния подсознательных мотивов (председатель, открывая нежелательное для него заседание, говорит: „Объявляю заседание закрытым“. Властная женщина, подавляющая волю своего мужа, говоря о его выздоровлении, замечает: „Он теперь может есть все, что я хочу“ (вместо — „что он хочет“).

Итак, согласно Фрейдовскому учению существует особая категория психических элементов, которые, не входя в содержание сознания, могут оказывать существенное влияние на динамику психического процесса.

Заслуживает упоминания вопрос об источниках подсознательных психических элементов. Вначале, в своих совместных работах с Брейером (Breuer), Фрейд держался того взгляда что всякая психическая травма, всякое неосуществимое желание или влечение, вытесняемое из сознания, может пре-

вернуться в подсознательный элемент. Однако вскоре Фрейд стал все с большей и большей настойчивостью утверждать, что единственным и исключительным источником подсознательной сферы являются „сексуальные травмы“. Сексуальные влечения (libido) составляют, по Фрейду, основную психическую энергию; источником подсознательной сферы являются лишь сексуальные тенденции. Этот „пансексуализм“ представляет собой сторону Фрейдского учения, вызвавшую значительные возражения.

Учение Фрейда о подсознательных элементах психики, хотя оно и основывается на клиническом материале, представляет собой скорее психологическое, чем неврологическое, объяснение сущности подсознательного. Обращает на себя внимание тот факт, что все понятия, которые положены в основу психоанализа и все приемы анализа явлений, которыми пользуется этот метод, не соответствуют требованиям неврологического, биологического исследования. Этим в значительной мере объясняется та произвольность, которую Фрейд и его последователи допускают в толковании некоторых явлений.

Такие понятия, как „ущемленный комплекс“, „цензура“, „отщепленная от соответствующего ей представления эмоция“ и т. п., не заключают в себе никакого анатомо-физиологического содержания. Такие выражения, как „таящиеся в подсознательной сфере обрывки неотрагированных переживаний“, не содержат никакой биологической реальности.

Наконец, нельзя не отметить как отрицательную сторону психоанализа утверждение, что универсальным и единственным фактором подсознательного является сексуальная сфера. Этот „пансексуализм“ психоаналитиков представляет собой не что иное, как результат ничем не ограниченной произвольности в толковании наблюдаемых явлений.

На ряду с указанными недостатками Фрейдского учения, оно заключает в себе и несомненно ценные данные, касающиеся сферы подсознательного

эмотивных переживаний в генезе подсознательных элементов; возможность непосредственного, независимого от сознания перехода психических переживаний в соматические симптомы, а также факт символического выражения подсознательных элементов психики при известных патологических (неврозы) и физиологических (сон) условиях.

В общем следует признать, что в отношении анализа подсознательной сферы применима та же оценка, которая является действительной и по отношению ко всему учению Фрейда: на ряду с весьма ценными, глубокими и интересными мыслями, оно содержит трудно приемлемые преувеличения и необоснованные обобщения. Этим объясняется тот факт, что психоанализ имеет как убежденных сторонников, так и усердных противников. Но и последние не могут не признать громадной заслуги Фрейда в учении о подсознательных элементах психики. Заслуга эта заключается в том, что он впервые стал учитывать роль подсознательных психических факторов в возникновении неврозов и установил некоторые из механизмов, лежащих в основе взаимоотношений между сознательной и подсознательной сферой.

Как указывалось выше, учение Фрейда, несмотря на то, что в его основу положены клинические явления, остается все же по своей сущности психологическим. Психологическое толкование („Deutung“) наблюдаемых явлений, а не анатомо-физиологическое обоснование их, составляет методику психоанализа.

Лишь в течение последних двух десятилетий были установлены данные, которые позволяют подойти к настоящему неврологическому изучению вопроса о подсознательной сфере. Данные эти заключаются в изучении функций так наз. подкорковых ядер — скоплений серого вещества в толще мозгового вещества: зрительный бугор (thalamus opticus), полосатое тело (corpus striatum). Для того, чтобы уяснить значение достижений неврологии в этой области, необходимо принять во внимание следующее. Изучение мозговых функций началось с коры головного

мозга. Основание этому изучению было положено клиническими данными. В 1861 г. была установлена Брока (Broca) связь определенного участка мозговой коры (3-я лобная извилина) с функцией речи. Приблизительно к этому же времени относится установленный английским исследователем Джексоном (Jackson) факт связи определенного отдела мозга (передняя центральная извилина) с функцией произвольных движений. В 1871 г. факт этот был подтвержден германскими исследователями Фритчем и Гитцигом (Fritsch, Hitzig) в их исследованиях над ранеными с обнаженной мозговой корой. С этого времени начинается настоящее систематическое изучение функций мозговой коры, основывающееся прежде всего на сопоставлении наблюдаемых клинически расстройств с обнаруживаемыми при вскрытии очагами поражения; полученные таким образом данные подтверждались другими методами исследования: гистологическими, сравнительно-анатомическими, экспериментальными.

В течение 40—50 лет кора головного мозга являлась почти исключительным объектом исследования при игнорировании подкорковых областей. Это игнорирование достигало даже степени отрицания существенной функциональной роли подкорковых ядер; так, в 1912 г. высказывался в серьезном неврологическом журнале взгляд, что подкорковые ядра представляют собой рудиментарные аппараты, не играющие никакой существенной функциональной роли у человека.

Коре головного мозга была совершенно правильно приписана роль аппарата психической деятельности, причем понятие о „психическом“ отождествлялось с понятием о „сознательном“. Таким образом, функциональный аппарат нервной системы представлялся состоящим из двух основных отделов: кора головного мозга — орган психических функций, сознательной сферы и спинной мозг — орган рефлекторных, автоматических, бессознательных реакций.

Понятие о „психическом“ исчерпывалось понятием о „сознательном“,

а локализация психических функций ограничивалась мозговой корой.

Этот взгляд в значительной степени поколеблен современными данными о функциях подкорковых ядер. Функциональное значение этой области мозга оказалось настолько существенным, что она выделяется в настоящее время в один из главных „этажей“ нервной системы наряду с корой и спинным мозгом.

Как указывалось выше, изучение подкорковых функций представляет собой сравнительно недавнее достижение. Оно началось лет 15—20 тому назад и, конечно, сведения в подкорковой области еще далеки от той полноты и законченности, которыми отличаются сведения о корковых функциях. Тем не менее, уже существующие в настоящее время данные позволяют признать важную роль подкорковой области в динамике психического процесса.

Из числа данных, имеющих отношение к занимающему нас здесь вопросу о подсознательной сфере, особенно важное значение имеют данные о функциях зрительного бугра.

Зрительный бугор (*thalamus opticus*) получил свое название вследствие давно установленного факта прохождения через это ядро зрительных проводников на их пути от периферии к коре головного мозга. Однако функциональное значение зрительного бугра не исчерпывается ролью промежуточного этапа в ходе зрительных проводников; зрительная область *thalami* составляет лишь незначительный отдел этого большого ядра; через *thalamus* проходят, аналогично зрительным проводникам, также и слуховые. Наконец, этот же подкорковый орган имеет отношение и к проводникам кожной чувствительности. Сравнительно недавно считалось, что *thalamus* имеет значение лишь промежуточной станции для проводников чувствительности. В связи с представлением о коре головного мозга, как единственном органе психических функций, предполагалось, что для ощущения, т. е. сознательного переживания, связанного с воздействием раздражения на периферии, требуется, чтобы импульс, возникший в связи с раздражением на

периферии, распространился по нервным проводникам до коры головного мозга. Клинические наблюдения показали, что этот взгляд неполне правилен. Роль коры в процессе сознательного восприятия раздражений, т. е. роль ее в функции чувствительности, не подлежит, конечно, сомнению. Однако также не подлежит сомнению, что известная степень чувствительности принадлежит и зрительному бугру. Последний не находится, как это предполагалось ранее, в пассивном отношении к проходящим через него чувствительным проводникам в смысле промежуточной станции на их пути к коре; зрительный бугор представляет собой „центр“ определенных чувствительных переживаний в связи с внешними раздражениями. Наблюдения над больными с выпадением корковой чувствительности показывают, что такие больные не обнаруживают полной утраты восприятия внешних раздражений. Наблюдающийся у этих больных дефект чувствительности заключается в утрате способности распознавания лишь качества внешнего раздражения; при нанесении им болевых раздражений, больные испытывают лишь чувство „неприятного“, „болезненного“, но не могут различить укола, царапания, давления и т. п.; равным образом такие больные не могут различать средние температуры предметов, приходящих в соприкосновение с их кожей поверхностью; „теплое“ и „прохладное“ их восприятию недоступно, а резкие температуры (горячее, холодное) воспринимаются ими как резко „неприятное“. При одностороннем выпадении корковой чувствительности больные отмечают, что восприятие кожных раздражений на здоровой стороне отличается большей точностью и ясностью, но чувство неприятного, связанное с болями и резкими температурными раздражениями, оказывается более резким на стороне, лишенной корковой чувствительности.

На основании этих наблюдений, а также на основании их сопоставления с рядом других клинических и общебиологических данных, в настоящее время можно считать твердо установленным, что кора головного мозга не

является единственным субстратом функции чувствительности; последняя является присущей также зрительному бугру. Однако эта „талямическая“ чувствительность представляет, как было указано выше, резкие отличия от корковой. В то время как корковая чувствительность включает в себе точное распознавание качества внешнего раздражения, талямическая чувствительность исчерпывается переживанием неясного ощущения — приятного или неприятного. Соответственно этому корковая чувствительность обозначается терминами „гностическая“, „критическая“, в противоположность „патической“, „дискритической“ талямической чувствительности.

По своему агностическому характеру, по отсутствию в ней „сознания“ качества внешнего объекта, вызывающего данное раздражение, талямическая чувствительность должна быть относима к области бессознательного или подсознательного. Само собой разумеется, что изолированно талямическая чувствительность может быть наблюдаема лишь при определенных условиях понижения корковой функции. Те „бессознательные“ защитные движения, которые наблюдаются под влиянием внешних раздражений у больных в сопорозном состоянии, а также у спящих, представляют собой проявление этой талямической чувствительности. В нормальных условиях талямическая и корковая функции представляются неразделимыми.

В ряде наших статей<sup>1</sup> были приведены клинические и общебиологические данные, показывающие, что эмоции по своему генезу и лежащему в их основе анатомо-физиологическому механизму представляют собой состояния, весьма близкие к рецепторной функции. Близость эта дополняется тем фактом, что зрительный бугор, являющийся центром для восприятия примитивной дискритической чувствительности, представляет собой вместе с тем анатомический суб-

<sup>1</sup> М. И. Аствацатуров. Соматические основы эмоций. Юбилейный сборник проф. Перушина (печатается). О соматическом взаимоотношении в синдроме каузалгии. Врач. дело 1934 г., № 3. Обзор современных данных о сим-волике сновидений. Сов. врач. газ. 1935 г., № 1.

страт элементарной эмоциональности. Кроме того, клинические наблюдения показывают, что область зрительного бугра и подкорковых ядер вообще представляет собой отдел центральной нервной системы, где особенно легко осуществляется процесс психо-соматического переключения, т. е. переход соматических процессов в психические и обратно.

Аналогично различию между корковой (критической) и таламической (дискритической) чувствительностью мы должны различать корковую и таламическую эмоциональность. Таламическая эмоция представляет собой примитивную форму психической реакции, при которой сущность психического состояния исчерпывается переживанием приятного или неприятного душевного состояния. Напротив, корковая эмоция, аналогично корковой чувствительности, отличается гностическим характером переживаемого душевного чувства, сознанием лежащей в его основе причины.

Итак, таламическая эмоциональность характеризуется отсутствием точного качественного распознавания вызывающего ее фактора; она носит черты безотчетности, беспричинности, и в этом отношении она соответствует понятию о подсознательном. Не имея автономного изолированного проявления, эти таламические эмоции могут влиять на общую аффективную тональность и служить фактором, определяющим направление деятельности сознания.

Иллюстрацией подсознательной эмоции могут служить следующие клинические примеры.

При известных изменениях сердечных сосудов наблюдаются припадки так наз. „грудной жабы“, они состоят в явлениях нарушения сердечной деятельности, болях в области грудины, irradiирующих в левую руку, и в резко выраженном чувстве страха смерти. Этот страх смерти при грудной жабе проще всего было бы объяснить как сознательную эмоцию: больной, испытывающий нарушение сердечной деятельности, зная о важности этого органа для жизни, естественно ощущает чувство страха смерти. Не подлежит сомнению, что этому моменту сознания

угрожающей опасности принадлежит известная роль в возникновении описываемого страха смерти. Однако существуют клинические наблюдения, показывающие, что причиной страха смерти при грудной жабе является не только сознание опасности, возникающее в связи с испытываемыми болями. Некоторые из больных, страдающих грудной жабой, указывают, что они задолго до появления у них припадков настоящей грудной жабы испытывают приступы безотчетного страха смерти. Чаще всего эти приступы наблюдаются ночью; больные просыпаются с тяжелым чувством страха смерти; при этом ни болей в области сердца, ни нарушения деятельности сердца не имеется; весь припадок ограничивается страхом смерти. Лишь позднее у больных развиваются типичные припадки грудной жабы с явлениями со стороны сердца.

Таким образом, в известной стадии развития заболевания сердечных сосудов больные, не зная о существовании у них болезни сердца и не ощущая никаких изменений сердечной деятельности, испытывают чувство страха смерти. Подобные припадки описывались издавна под названием „грудная жаба без болей“ (*angina pectoris sine dolore*); в последнее время их обозначают термином „психическая грудная жаба“ (а. р. *psychica*). Такие припадки психической грудной жабы наблюдаются не только в просоночном состоянии; нередко больные, находясь в вполне бодрственном состоянии, испытывают припадки безотчетного страха угрожающей смерти.

Мы не можем останавливаться здесь на подробном анализе этого явления.<sup>1</sup> Сущность его сводится к следующему. Существует известная степень нарушения сердечной деятельности, при которой каких-либо определенных субъективных ощущений со стороны сердца не возникает. Однако связанное с этим нарушением внезапное изменение во всем организме отражается на чувствительных и эмотивных центрах подкорковой области. Ничем не мотивирован-

<sup>1</sup> См. М. И. Аствацатуров. Психосоматическом взаимоотношении при заболеваниях внутренних органов. Клинич. мед. 1934, № 9.



ный на первый взгляд страх смерти имеет в своей основе изменения со стороны сердца, не доходящие до сознания. Эти изменения оказываются достаточными для возникновения специфической для сердца эмоции страха, которая остается подсознательной, т. е. переживается как нечто безотчетное, беспричинное.

Не подлежит сомнению, что и при типичных припадках грудной жабы страх смерти является результатом не только сознательных, но и подсознательных факторов.

Подсознательные эмоции могут обуславливаться расстройствами и других внутренних органов. Многие из относящихся сюда фактов подмечены житейским наблюдением. Общеизвестен факт своеобразной гневной раздражительности при заболевании печени (отсюда — „желчный характер“; по-гречески *chole* обозначает и желчь и гнев). Заслуживает внимания тот факт, что „желчная“ раздражительность наблюдается в таких стадиях болезни, когда нет ни печеночных болей, ни желтухи. Больные, страдавшие повторными припадками заболевания печени, предчувствуют приближение припадка по знакомому им своеобразному состоянию раздражительности.

Равным образом общеизвестно апатичное настроение, наблюдающееся при некоторых заболеваниях желудка и при его переполнении.

Подробный анализ этих явлений приводится в упоминавшейся выше статье о психосоматическом взаимоотношении при заболеваниях внутренних органов.

Приведенные примеры показывают, что различного рода соматические изменения, не доходящие до сознания, могут вести к „безотчетным“ эмотивным переживаниям, влияющим на направление психического процесса.

Раздражения, при известной форме и интенсивности их, не достигая сознания, приводят к изменению талямической эмоциональности, т. е. к возникновению подсознательного аффективного тона, который является фактором предуготованности к переживаниям, соответствующим этому чувственному тону.

78 „Настроение“, т. е. предуготованность

к преобладанию в сознании представлений определенной аффективной окраски, может обуславливаться как корковыми (гностическими), так и подкорковыми (дискритическими) влияниями. В первом случае субъект сознает причину своего настроения, во втором случае настроение кажется „беспричинным“. Это непосредственное, не заключающее в себе гностического элемента возникновение эмотивного состояния есть проявление подкорковой, талямической эмоциональности, которая, создавая предуготованность к соответствующим представлениям, может влиять на процесс сознательной деятельности.

Безотчетность некоторых эмоциональных переживаний прекрасно охарактеризована Шекспиром в монологе Антонио („Венецианский купец“).

„Признаться, я и сам не понимаю,  
Чего я так печален... Но, право,  
Я все еще узнать стараюсь, как  
Я эту грусть поймал, нашел иль встретил,  
И из чего она сотворена  
И чье она произведение“.

И когда Антонио отвергает все причины, которые, по предположению его друзей, могли бы вызвать его грустное настроение, то Соланио формулирует объяснение этого настроения следующими словами:

„Ну, скажем так: вы оттого печальны,  
Что вам не весело; могли бы  
Вы точно так же хохотать и прыгать  
И говорить: я весел оттого,  
Что не грущу.“ (Венецианский купец, I, 1)

Как указывалось выше, факторами подсознательных эмоций могут быть различные внешние и внутренние (соматогенные) раздражения, которые влияют на состояние талямического тонуса, не достигая корковой сферы.

В числе факторов, которыми могут обуславливаться безотчетные, подсознательные эмоции, следует упомянуть о так наз. „общем чувстве“. Под этим термином разумелись прежде ощущения, не имеющие топической связи с определенной частью тела (голод, жажда и т. п.). В последнее время термин „общее чувство“ или койнэстезия (от греч. *koinos* — общий; французские авторы употребляют термин „sensation“) стали применять в ином

смысле. Под койнестезией разумеется элементарное чувство, относимое ко всему организму, совокупность постоянно меняющихся ощущений, в которых проявляются изменения собственного тела. В нормальных условиях эти ощущения, в виду их общности, не имеют характера определенного субъективного переживания и воспринимаются в качестве определенных ощущений лишь в случаях патологических уклонений (койнэстопатия). Койнэстопатия или расстройство общего чувства представляет собой своеобразное субъективное переживание, существенным психологическим элементом которого является чувство тревоги или страха. Такая койнэстепатическая эмоция не заключается в себе элементов гностического объективирования переживаемого ощущения и может быть в этом смысле отождествлена с описывавшимися выше формами дискритических, подсознательных эмоций.

Весьма вероятно, что к категории койнэстопатий принадлежат некоторые из наблюдающихся в клинике припадков безотчетных эмотивных переживаний. Сюда относится, повидимому, чувство тревоги или страха, наблюдающееся в качестве предвестника (так наз. аура) эпилептического припадка. Многие из больных, страдающих эпилепсией, указывают, что непосредственно перед припадком они испытывают чувство невыносимой тревоги. Вполне естественно допустить, что это чувство тревоги есть проявление подсознательной эмоции, зависящей от изменений во всем организме в связи с предприпадочным нарушением мозговых функций.

Подобно тому, как при таламической чувствительности имеется ощущение чего-то неприятного (или приятного) без точной качественной гнозии соответствующего раздражителя, так при таламической эмоции имеется лишь общее, недифференцированное чувство чего-то угрожающего.

Весьма существенная роль принадлежит подсознательным психическим элементам в механизме возникновения сновидений. Установление этого факта, а равно и указание на аллегорический, символический характер проявления

подсознательных элементов в сновидениях, составляет, как уже было указано выше, важную заслугу Фрейда. Эти основные положения Фрейдовского учения о сновидениях сохраняют свое значение и для предлагаемого здесь неврологического объяснения механизма сновидения.

Сон без сновидений представляет собой состояние торможения, распространяющегося как на кору, так и на подкорковую область; результатом такого торможения является полное прекращение психических функций. Сновидения имеют место при неполном торможении, когда функции чувствительно-эмотивного таламического аппарата продолжают продолжаться. Различного рода раздражения эндогенного и экзогенного происхождения могут при таких условиях вызвать примитивные подсознательные эмотивные состояния; не подвергаясь гностическому объективированию, не включаясь в ассоциативную цепь сознательной функции, эти чувствительные и эмотивные переживания остаются „психическим фрагментом“ и, связываясь со случайным представлением, соответствующим по своей аффективной окраске данному подсознательному переживанию, претворяются в образы сновидений. Так недостача воздуха во время сна содействует сновидению, имеющему своим содержанием задущение; давление тяжелым одеялом может вызвать сновидение, содержанием которого является нахождение под обвалом; давление на ноги во время сна может вызвать сновидение, содержанием которого является невозможность „уйти от преследования“, и т. п.

Кошмарные сновидения при различных ненормальных состояниях организма объясняются тем, что нарушения в функциях организма ведут к подсознательным эмоциям, имеющим характер тревоги, страха, что является фоном для соответствующих образов сновидения.

Резюмируя приведенные данные о неврологическом обосновании подсознательной сферы, мы можем сказать, что понятие о подсознательном может быть отождествляемо с функциями подкорковой области. Сознательные и под-

сознательные процессы в нормальных условиях представляются собой сочетанный координированный, неделимый процесс, и изолированное проявление подсознательных факторов имеет место лишь при известных нарушениях нормальной динамики психического процесса.

Существование подсознательных элементов в механизме психических явлений признавалось и раньше. Но старое представление о подсознательном не заключало в себе определенного анатомо-физиологического содержания. Современное учение о функциях подкорковой области и ее взаимоотношениях

с другими отделами нервной системы представляет собой существенный поворот в смысле замены старых, чисто описательных, психологических определений подсознательного анатомическими и физиологическими понятиями.

Вопрос о функциях подкорковой области вообще и о талямических эмоциях в частности находится пока в начальном периоде своего развития. Однако полученные в этом направлении данные позволяют уже в настоящее время подойти к более реальному обоснованию некоторых механизмов психической деятельности.

# ИСТОРИЯ НАУКИ

## КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ В ЕЕ ИСТОРИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ И В СОВРЕМЕННОЙ БИОЛОГИИ

З. С. КАЦНЕЛЬСОН

### 1. ОТ ИСТОКОВ КЛЕТОЧНОГО УЧЕНИЯ ДО КОНЦА XIX СТОЛЕТИЯ

„Познание взаимной связи процессов, совершающихся в природе, развивается гигантскими шагами особенно благодаря трем великим открытиям. Во-первых, благодаря открытию клеточек... во-вторых, благодаря открытию превращения энергии... наконец, в-третьих, благодаря впервые представленному Дарвином связному доказательству того, что окружающие нас теперя организмы, не исключая и человека, явились в результате длинного процесса развития...“

*Фр. Энгельс, „Людвиг Фейербах“ (Соч., т. XIV, стр. 665).*

Невелико число теорий, переживающих столетнюю давность... И среди них, на одном из первых мест, клеточная теория — одно из трех великих открытий, которые, говорит Энгельс, способствовали и обусловили гигантский прогресс естествознания, отмечающий истекшее столетие.

Через три года клеточная теория празднует столетний юбилей. За это столетие она оказала исключительное влияние на развитие всей биологии. Под эгидой учения о клетке развивались ранее оформившиеся биологические науки, под влиянием этого учения возник целый ряд новых биологических дисциплин.

Что представляла собою клеточная теория в период ее создания, как она эволюционировала и каково ее место в современной биологии — вот проблемы, какие мы хотим здесь поставить и по-

Клетки, в виде обособленных структур-ячеек (cellulae), открыты задолго до создания законченного учения об этих структурах, каким является клеточная теория. Случайное открытие Гука (Robert Hooke, 1636—1703), математика и физика по специальности, не толкнуло самого исследователя в направлении дальнейших поисков. Изображая и описывая строение срезов пробки, отмечая, что она „построена из маленьких камер или клеток, отделенных друг от друга“, Гук не придал своему открытию какого-либо особого значения. Он отмечает его в своей „Micrographia“ (1665) на ряду с массой прочих случайных наблюдений, сделанных при помощи сконструированного им микроскопа.

Однако именно изображения Гука побудили его соотечественника Грю (Nehemia Grew, 1628—1711) более систематично заняться микроскопическим изучением растений и в своих двух произведениях („Idea of Philosophical History of Plants“, 1673 и „Anatomy of Vegetables“, 1682) Грю уже отчетливо изображает и описывает растительные клетки. Одновременно с Грю, микроскопическим исследованием растений занимался Мальпиги (Marcello Malpighi, 1628—1694) в своей „Anatomes plantarum idea“ (1675—1679), давший многочисленные изображения клеточного строения различных частей растения. Клеточное строение растений видел также и один из наиболее прилежных микроскопистов XVII столетия — Левенгук (Anton van Leeuwenhoek, 1632—1723). В „Arcana

Naturae“ имеются прекрасные изображения микроструктуры стебля, где отчетливо видны клетки.

Однако XVII столетие еще чужда идея о том, что клеточное строение отражает какую-либо общую закономерность в морфологии растений. Идея единства органической природы, воспитавшая клеточное учение, еще не пробивается в этот период сколько-нибудь отчетливо, и выдающиеся открытия, чрезвычайно точные по тому времени наблюдения клеточного строения, остались мертвыми, не освещенными теорией фактами.

В XVIII столетии интерес к микроскопическим исследованиям сильно падает. Мы не знаем в этот период таких микроскопистов, имя которых можно было бы поставить рядом с именами Мальпиги или Левенгука. Исследователи в большинстве случаев пользуются так наз. простым микроскопом (лупой). Сложные микроскопы, требующие особого искусства шлифовки стекол, в заgone, и искусство их изготовления падает. Правда, у отдельных исследователей XVIII и начала XIX столетий мы находим утверждения о наличии в организме растений или животных элементарных структур, которым они дают различные названия, но дальше чисто общих рассуждений дело не идет.<sup>1</sup>

Лишь со второй половины двадцатых годов прошлого столетия снова входит в употребление сложный микроскоп. В связи с общим ростом техники налаживается его фабричное производство. Появляются микроскопы итальянского физика и ботаника Амичи (Gambattista Amici, 1786—1863), использовавшего в своих микроскопах ряд важных физических открытий, принадлежащих как ему самому, так и другим исследователям (особенно важны были работы Фраунгофера—Fraunhofer, 1787—1826). С 1824 г. французская оптическая фирма Шевалье (Chevalier) широко распространяет микроскопы с ахроматическими системами, с 1830 г. начинают изготавливать микроскопы Плесль (Simon Plössl) в Вене и Пистор (Pistor) и Шик (Schieck) в Берлине.

<sup>1</sup> Так Вольф (Friedrich Kaspar Wolff, 1735—1794) говорил (1759), что каждый орган первоначально построен из небольшого количества слизевидной жидкости, по большей части составленной из шариков. В этой полужидкой массе равняются пузырьки, которые, если они остаются круглыми или полигональными, образуют клетки, если же они вытягиваются, то дают сосуды.

Равным образом Окен (Lorenz Oken, 1779—1851) писал (1808): „Всякий высший организм, всякое животное и всякое более совершенного вида растение есть не что иное, как некоторое скопление инфузориальных пузырьков, которые благодаря сочетаниям получают разные формы и, таким образом, вырастают в высшие организмы“. Энгельс по поводу этого писал: „У Окена можно заметить бессмыслицу, получившуюся от дуализма между естествознанием и философией. Окен открывает умозрительным путем протоплазму и клетку, но никому не приходит в голову рассмотреть этот вопрос естественно-научным образом — мы слышали и должны решить его! А когда протоплазма и клетка были открыты, то Окен был всеми забыт“ (Соч., т. XIV, стр. 409).

Микроскоп становится теперь довольно широко распространенным инструментом, и интерес к микроскопическому изучению организмов поднимается вновь. Громадные успехи делает микроскопическая анатомия растений (Sprengel, Bernhardt, Turpin, Link, Rudolphi, Moldenbauer). Тревиранус (G. F. Treviranus, 1779—1864) еще в 1806 г. и позднее Моль (Hugo v. Mohl, 1805—1872) в 1830 г. показывают, что сосуды растений образуются путем слияния клеток. Мейен (Franz F. J. Meyen, 1804—1840) в своей „Phytotomie“ (1830) пишет уже, что „растительные клетки бывают или одиночными, так что каждая представляет собою особый индивид, как это встречается у водорослей и грибов, или же, образуя выше организованное растение, они соединяются в более или менее значительные массы; однако и здесь каждая клетка представляет самостоятельное замкнутое целое; она сама питается, преобразуется и перерабатывает воспринятый сырой материал в весьма различные вещества и образования“. Растительную клетку Мейен определяет следующим образом: „Растительная клетка, — говорит он, — есть пространство, полностью окруженное растительной (vegetabilisch) оболочкой“. В качестве элементарных органов растений Мейен еще различает: „клетки, спиральные трубки и сосуды“ (собственно так наз. млечные сосуды).

Обычным является представление, что в то время как изучение клеточного строения растений в до-Шванновский период сделало большие успехи, изучение микроскопического строения животных и, в частности, изучение животных клеток неизмеримо отстает. Хотя отставание микроскопического изучения животных от микроскопического изучения растений имело место, но не в такой степени, как это принято думать.

В 1823 г. французский зоолог, впоследствии профессор Сорбонны, Мильн-Эдварс (Henry Milne-Edwards, 1800—1885) в своей докторской диссертации описывал зернистую структуру, лежащую, по его мнению, в основе всех животных тканей. Его исследования оказали несомненное влияние на Дютроше (H. Dutrochet, 1824), который выступил с более подробными наблюдениями над строением животных „клеток“ и даже пытался сравнивать их (правда, неудачно) с растительными. Распайль (F. G. Raspail, 1827) также описывает несколько позже маленькие и большие „шарики“ и „клетки“ в тканях животных, считая, что в дальнейшем они могут принимать вытянутую форму и давать мышцы и нервы.<sup>1</sup>

Чешскому гистологу Студничка (F. K. Studnička, 1927) мы обязаны выяснением той большой роли, какую в этом отношении сыграли исследования бреславльского (а позднее пражского) физиолога Пуркинью (Joh. Ev. Purkinje, 1787—1869) и его многочисленных учеников (Bernhardt, Deutsch, Raschkow, Meckauer, Rosenthal, Valentin).

Заняв в 1832 г. кафедру физиологии в Бреславльском университете, Пуркинью добивается покупки за 200 талеров большого микроскопа Плесля, и этот инструмент дал возможность ему и ряду его учеников произвести исследование микроскопического строения разнообразных ви-

<sup>1</sup> Подробнее см. Rich (7), Studnička (9), Florian (2).

дов животных тканей. Особенно нужно отметить работы ближайшего помощника и сотрудника Пуркинне — Валентина (Gabriel Valentin), наблюдавшего клеточное строение во многих органах живогных и человека и опиывавшего клетки под названием „зернышек“ (Körnchen) или „шариков“ (Kügelchen). Во многих работах школы Пуркинне употребляется и самый термин „клетка“, и „клетки“ животных сравниваются с клетками растений.<sup>1</sup>

Микроскопические наблюдения над строением животных велись и в другой выдающейся физиологической школе того времени, в Берлине у Иоганнеса Мюллера (Johannes Müller, 1801—1858).<sup>2</sup> Им и его учениками Генле (Jacob Henle, 1839—1885), Мишером (Friedrich Mischer) описаны различные ткани животных, и, напр., Генле в своей известной работе над эпидермисом говорит прямо о „клетках“.

Так, двумя, пока не сливающимися, потоками работ шло изучение микроструктуры организмов, подготавливалось клеточное учение. С одной стороны, дальше ушедшие наблюдения над клеточным строением растений, с другой — несколько отставшие, однако достаточно многочисленные наблюдения над клеточным строением животных тканей.

Однако все это еще не было клеточной теорией в истинном смысле слова.

Но прежде всего нам надо уловиться, что мы будем подразумевать под клеточной теорией? Когда именно сумма отдельных наблюдений превратилась в систематизированное учение? Очевидно, что это может быть отнесено только к тому периоду, когда стало складываться представление об общности элементарной микрокопической структуры организмов. Возникновение клеточной теории мы таким образом должны отнести к тому периоду, когда представление об общности морфологической структуры связало оба царства органической природы: растительный и животный мир.

Таким образом корни учения о клетке — клеточной теории нужно искать в идее единства органической природы. Лейбниц (Leibnitz, 1646—1716), его последователь Бонне (Bonnet, 1720—1793), Бюффон (Buffon, 1707—1778), школа натуралистов (Gete — Wolfgang Goethe, 1749—1832), Окен (Lorenz Oken, 1779—1851), Жюффруа Сент-Илер (Geoffroy Saint-Hilaire, 1772—1844), а особенно Ламарк (Lamarck, 1744—1829), — все они, отправляясь от разных точек зрения, пытались, более или менее удачно, подойти к этой идее единства жизни, пока в бессмертных трудах Чарльза Дарвина (Charles Darwin, 1839—1889) представление о единстве органического мира не стало незабываемым достоянием науки.

Но единство органической природы не может не иметь отражения в морфологической структуре организмов. Биша (Bichat, 1771—1802) принадлежит одна из первых попыток (1801) найти общие структурные элементы, но лишь для небольшой группы высших животных. Во всей широте проблема встает лишь во второй четверти

XIX столетия, к какому периоду и нужно отнести возникновение клеточной теории. Как уже указывалось, это был период, когда силою фактов идея единства органического мира постепенно укреплялась в науке. Клеточная теория, таким образом, попала на плодотворную почву, она давала исключительно важные фактические данные для назревшей, но еще не общепринятой мысли о единстве всех организмов, она вскрывала нечто всеобщее, что присуще всем организмам, что чувствовалось исследователями-мыслителями, но не получало надлежащего оформления за отсутствием необходимых звеньев в фактическом материале.

„Единство, которое обнаружилось в построении внешних видимых невооруженному глазу форм, выступило, быть может, с еще более разительной очевидностью при знакомстве с невидимым миром микроскопических существ и микроскопического строения всех вообще живых существ... На этот раз глубокое внутреннее сходство связывало уже не отдельные органы, не отдельные группы организмов, а охватывало решительно все живущее, ступевывало границы между двумя царствами природы, сливало их в одно неразграниченное целое“ (К. Тимирязев, Исторический метод в биологии, М., изд. Гранат, 1922, стр. 16).

Для этого периода — середины XIX столетия — учение о клетке было несомненно прогрессивным явлением, и недаром Фр. Энгельс, с исключительной зоркостью следивший за развитием естественных наук, писал в это время К. Марксу: „Главный факт, революционизировавший всю физиологию и сделавший возможной сравнительную физиологию — это открытие клетки... Все есть клетка. Клетка есть гегелевское в-себе-бытие и в своем развитии проходит именно гегелевский процесс, пока из нее, наконец, не развивается идея, данный заверченный организм“ (Письмо к К. Марксу от 14 VII 1858; Соч., т. XXII, стр. 345). „Только вместе с этим открытием, — писал Энгельс в другом месте, — стало твердо на ноги исследование органических, живых продуктов природы — как сравнительная анатомия и физиология, так и эмбриология. Покров тайны, окутывавший процесс возникновения и роста и структуру организмов, был сорван. Непонятное до сих пор чудо предстало в виде процесса, происходящего согласно тождественному по существу для всех многоклеточных организмов закону“ (Соч., т. XIV, стр. 650).

Возникновение клеточной теории обычно относят к 1838—1839 гг. и связывают его с появлением работ ботаника Шлейдена (Jacob Mathias Schleiden, 1804—1881) и физиолога Шванна (Theodor Schwann, 181—1882). Однако едва ли можно признавать заслуженным сопоставление этих двух имен. Шлейден вошел в историю клеточного учения благодаря небольшой статье, напечатанной им в 1838 г. в „Archiv für Anatomie und Physiologie“. Основной задачей этой статьи является выяснение генезиса клеток. „Каждая клетка, — пишет здесь Шлейден, — ведет двойную жизнь: вполне самостоятельную, связанную только с ее собственным развитием (nur ihre eigenen Entwicklung angehöriges), и другую зависимую, поскольку она является составной частью растения. Однако легко видеть, что как для физиологии растений, так и для сравнительной физио-

<sup>1</sup> См. подробнее Studnička (8), Florian (2).

<sup>2</sup> Из этой школы вышел и творец клеточной теории — Теодор Шванн.

логии жизненные процессы отдельных клеток должны быть в общем на первом месте, должны представлять собою неизбежную основу и при этом в первую очередь выдвигается вопрос: как собственно происходит этот своеобразный маленький организм «клетки» (стр. 138).

Шлейден отнюдь не открыл растительные клетки, известные уже задолго до него,<sup>1</sup> и собственно оригинальной и центральной частью его работы является так наз. теория цитобластемы, воспринятая Шванном и являющаяся одним из наиболее слабых мест в его клеточном учении. Правильно обротив внимание на значение ядер, открытых в клетках цветковых растений в 1833 г. Брауном (Robert Brown, 1773—1858), Шлейден развивает совершенно ложные представления о дифференцировке ядра из бесструктурной субстанции. Шлейден не делает никаких сравнений растительных клеток с животными структурами, более того — между структурой животных и растений он видит принципиальное различие. „Понятие индивидуума, в том смысле как оно применяется в животной природе, — пишет Шлейден, — в мире растений не имеет никакого применения. Самое большое можно говорить об индивидууме в этом смысле у наиболее низших растений, некоторых водорослей и грибов, состоящих из одной клетки. Но каждое более высоко организованное растение есть агрегат совершенно индивидуализированных, замкнутых отдельностей (Einzelwesen), являющихся клетками“.

Шлейден не был соавтором клеточной теории<sup>2</sup> и его значение в учении о клетке ограничивается тем импульсом, который дала Шванну известная беседа его со Шлейденом.<sup>3</sup> Из этой беседы Шванн, очевидно, почерпнул более ясные представления о растительных клетках, чем те сведения, которые у него были раньше, и, поскольку в спинной струне, хрящах и т. д. он видел нечто внешне сходное с описаниями Шлейдена, у него явилась мысль о соответствии растительных клеток с различными микроскопическими образованиями, которые он сам и другие исследователи наблюдали у животных.

В том же 1838 г., когда состоялась беседа Шлейдена и Шванна, этот последний публикует в „Froier's neuste Nachrichten“ три сооб-

щения,<sup>1</sup> а в 1839 г. под тем же заголовком (Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений) выходит его классическая книга, завоевавшая всеобщее признание клеточному учению.

В этой, состоящей из трех частей и весьма объемистой (217 страниц) работе, Шванн ставит „ближайшей целью исследования — привести доказательства о соответствии элементарных частей животных с растительными клетками“ (стр. 159).<sup>2</sup>

Для этого в первой части своей работы Шванн показывает, что „физиологически совершенно различные элементарные части могут развиваться по одним и тем же законам“ (стр. 162). Во второй части он пытается показать „всеобщность этих принципов развития“, причем приходит к выводу, что „элементарные части большинства тканей, если мы последуем назад от их сформированного состояния к их первоначальному возникновению, являются только развитием клеток“. Шванн вводит впервые и самый термин „клеточная теория“. Развитие положения, что существует общий принцип образования для всех органических произведений (Produktionen), — пишет он, — и что этот принцип образования есть клеткообразование, а также вытекающие из этого положения следствия, можно охватить названием клеточной теории, в широком смысле слова, тогда как под теорией клеток в узком смысле слова допустимо понимать то, что следует из этого положения в отношении сил, лежащих в основе этих явлений“ (стр. 164).<sup>3</sup>

Работа Шванна содержит богатый фактический материал,<sup>4</sup> где он разбирает все известные в то время ткани, пытаясь показать (опираясь на свои или литературные данные) приложимость понятия о клеткообразовании, как всеобщем принципе развития животного организма, аналогично растениям.

„Каждая клетка внутри определенных границ, — писал Шванн, — есть индивидуум, самостоятельное целое“ (стр. 4). Таким образом Шванн признал наличие элементарной структуры организмов в виде особых биологических единиц строения, обладающих индивидуальностью. Отсюда он приходит к выводу, что „вопрос об основной силе организмов (Grundkraft) сводится таким образом к вопросу об основных силах отдельных клеток“ и „основа питания и роста лежит не в организмах как целом, но в отдельных

<sup>1</sup> Любопытно отметить, что даже Геккель совершенно неверно излагает историю клеточного учения, заявляя, что „в 1838 г. гениальный ботаник Шлейден в Иене открыл общий элементарный орган всего растительного царства, — клетку и доказал, что все ткани растительного организма состоят из клеток“ (Мировые загадки, изд. „Мысль“, 1906, стр. 24. Разрядка моя. Э. К.). К сожалению, подобные же неверные сведения проникли и в учебную литературу.

<sup>2</sup> О содержании статьи Шлейдена и его значении в истории клеточного учения см. подробнее специальную работу Студнички (10).

<sup>3</sup> Автор в определении места Шлейдена в истории клеточного учения придерживается взгляда Студнички, который, по мнению Редакции, нуждается еще в более прочном обосновании.

Прим. ред.

<sup>1</sup> а) О соответствии в структуре и росте животных и растений (январь, 1838).

б) Продолжение исследований о соответствии в структуре животных и растений (февраль, 1838).

в) Прибавление к исследованиям о соответствии в структуре животных и растений (апрель, 1838).

<sup>2</sup> Страницы указаны по изданию в серии Ostwald's Klassiker (1910).

<sup>3</sup> Этой „теории клеток“ Шванн посвящает значительную часть III отдела своей книги, разбирая при этом виталистический и механистический взгляд, причем не отрицая первый, он все же более склоняется ко второму (стр. 183 и сл.).

<sup>4</sup> Обстоятельный разбор его см. в специальной статье Студнички (17).

элементарных частях, клетках" (стр. 190). Как видно из этих слов, то механистическое сведение жизнепроявлений организма к сумме жизнепроявлений составляющих его клеток, которое характеризует клеточную теорию в дальнейшем, имеет корни еще в постановке вопроса, данного самим творцом учения о клетке.

Работа Шванна пытается вскрыть всеобщее в органической структуре; в качестве этого всеобщего, что характеризует единство органической природы, Шванн выдвинул клеточное строение. Поэтому именно Шванна мы должны считать автором клеточной теории, в той мере, в какой вообще заслуга разработки какой-либо научной теории может быть приписана одному лицу.

Здесь надо отметить любопытный исторический парадокс. В 1837 г. (т. е. до работы Шванна) Пуркинью представил „Собранию немецких естествоиспытателей и врачей" свою „теорию ядросодержащих зернышек и клеток". В ней Пуркинью развивает взгляды на животную клетку, по существу гораздо более правильные, чем у Шванна, и воскресенные лишь в 1861 г. Максом Шульце. Шванн основной составной частью клетки считал оболочку и не уделял внимания протоплазме животной клетки. Наоборот, Пуркинью обращал большее внимание именно на „содержимое" клетки, и ему и принадлежит самый термин „протоплазма". Однако именно потому, что Пуркинью имел более правильное представление о животной клетке, он не в состоянии был провести аналогию ее с растительной клеткой, где протоплазма зашугивалась наличием бросающейся в глаза клеточной оболочки и библием вакуол. И именно потому, что менее правильные представления Шванна о животной клетке ближе совпадали с тем, что было известно о клетке растений, он оказался в состоянии создать клеточное учение; и, хотя фактическая сторона Шванновских аналогий уже очень скоро оказалась недостаточной, самый принцип, подкрепленный теперь уже другими фактами, оказался жизненным и сделался основой дальнейшего развития биологии.

У Шванна мы находим основные положения клеточной теории, красной нитью проходящие через все последующее развитие учения о клетке. Эти положения кратко можно сформулировать следующим образом: 1) клетка есть биологическая элементарная единица строения организма и может быть рассматриваема как индивидуальность низшего порядка; 2) жизнь организма может и должна быть сведена к сумме жизней составляющих его клеток; 3) клеткообразование есть универсальный принцип развития и дифференцировки структур в органической природе.

В дальнейшем клеточное учение распространяется и на мир так наз. простейших организмов. Мартин Барри (Martin Barry, 1843) был первый, кто применил клеточную теорию к фитопристам. Зибольд (C. Th. von Siebold, 1804—1885) в 1845 г. сформулировал общее представление о типе, *Protozoa* как об одноклеточных организмах, и впервые применил это понятие в его современном смысле [см. Cole (7)].

Дальнейшее развитие клеточной теории шло лишь по линии изменения самого представления о клетке и ее жизнедеятельности, не изменяя сущности высказанных только-что положений. Прежде всего теория цитобласты встречается решительный отпор, и Вирхов (Rudolf Virchow, 1821—1903) провозглашает принцип: „всякая клетка происходит из другой клетки" (1858). При этом он, еще резко подчеркивая основной принцип клеточной теории, пишет: „необходимо признать, что клетка действительно есть последний морфологический элемент всех живых тел и что мы не имеем права искать настоящей жизнедеятельности вне ее" (стр. 3).

Развивается учение о делении клеток и описываются детали этого процесса. Изменяется представление о строении клетки и ее существенных составных частях, на смену „оболочечной теории" строения клетки выдвигается „протоплазматическая теория". Этот этап развития учения о клетке связывают обычно с именем Макса Шульце (Max Schultze, 1825—1874) и его работой, напечатанной в 1861 г. в „Müller's Archiv" под заглавием: „О мышечных тельцах и о том, что называют клеткой". Нельзя не отметить, что для ответа на вопрос, „что нужно называть клеткой, что является важнейшим в клетке", Шульце выбрал очень неудачный объект: поперечно-полосатую мышцу. Его интерпретация структуры этой последней и представление о клетках в поперечно-полосатом мышечном волокне отличается большой неясностью и путаностью. Недаром в следующем томе того же журнала появляется статья Ремака (Rob. Remak, 1815—1865) под названием „Об эмбриологических основах клеточного учения" (1862), где он выступает против статьи Шульце. Ремак возражает против его расплывчатых представлений о гетезе поперечно-полосатых мышц и, в частности, критикует полное игнорирование клеточной оболочки, которое имеется у Шульце.<sup>1</sup> Определение клетки, данное Шульце, также не отличается ясностью и удобством своего применения на практике. По определению Шульце (он так и употребляет слово Definition) „клетка — это комочек протоплазмы, с лежащим внутри его ядром". Несмотря на всю свою расплывчатость, определение это стало вскоре крылатым и фигурирует в учебниках подчас и в настоящее время. Статья Шульце собственно должна рассматриваться как симптом того внимания, которое исследователи начали уделять протоплазме, известной, как уже отмечалось Пуркинью, но оставшейся на время в загоне под влиянием представлений о клетке, развитых Шванном.

<sup>1</sup> В возражениях Ремака, сделанных Максиму Шульце, много личного: Ремак стремится доказать, что Шульце в своем новом представлении о клетке не дал ничего, о чем не писал бы он (Ремак) уже раньше. Однако два момента, указанные Ремаком, заслуживают внимания: если раньше переоценивали значение клеточной оболочки, то Шульце недооценил значение этой структуры как того, что и придает клетке ее „индивидуальность"; во-вторых, Ремак указывает на необходимость генетического момента в определении клетки — образование клетки путем деления.

Дальнейший этап развития клеточного учения связан с оставлением взгляда о „простом“ строении клетки и признанием за клеткой очень сложного строения. Физиолог Брюкке (Ernst Brücke, 1819—1892) характеризовал клетку как элементарный организм (1861), подчеркивая этим как сложность клеточной структуры, с одной стороны, так и необходимость познания жизненных процессов через изучение клеточных явлений — с другой.

Таким образом все более определялась одно-сторонне аналитическая интерпретация клеточного учения, намечавшаяся уже у Шванна, резко подчеркнутая Вирховым, и законченная целлюлярной физиологией Ферворна (Max Verworn, 1863). В предисловии к первому изданию своей известной „Общей физиологии“ (1894) Ферворн писал: „Элементарная часть в сего живого вещества, субстрат всех элементарных жизненных явлений есть клетка. Поэтому, если физиология ставит своей задачей объяснение жизненных явлений, то — это само собой ясно — обща я физиология может быть только целлюлярной физиологией“ (цит. по 5-му нем. изд., стр. V; разрядка принадлежит Ферворну).

К последней четверти прошлого века клеточная теория окончательно завоевывает все отделы биологии. Биология в целом превращается в целлюлярную биологию и ставит своей основной задачей „познать“ клетку — элементарную составную часть организма, которая в то же самое время является и элементарным организмом. Для настроения ученых этого времени характерны следующие слова Ферворна: „То, к чему приводит всякий раз рассмотрение каждой отдельной функции тела, есть клетка. В мышечной клетке лежит загадка движения сердца, сокращения мышцы; в железистой клетке лежит причина выделения, в эпителиальной клетке, в белой кровяной клетке заключается проблема питания, всасывания“ и т. д. (Allg. Phys., 5. Aufl., стр. 55).

Резюмируя этот белгийский очерк истории клеточного учения, мы приходим к следующим положениям. Клеточная теория, представляющая собою одно из величайших завоеваний первой половины XIX столетия, давая фактический базис и обосновывая идею о единстве всей природы, в период своего возникновения была глубоко прогрессивным учением, действительно „революционизирующим“ (Энгельс) науку. Вскрывая нечто всеобщее, она давала возможность развития сравнительных дисциплин, показывала возможность общебиологической трактовки жизненных явлений. Несомненно учению о клетке обязаны своим бурным расцветом не только гистология и эмбриология, но и физиология и целый ряд других отделов биологии. Однако, возникнув и укрепившись в период господства механистических представлений в естествознании, оно развивалось в направлении усиления узко аналитического понимания организма, которое в зародыше содержалось уже в учении Шванна. Лозунгом большинства ученых второй половины XIX столетия было познание сложного, путем сведения его к простому. Корифеи естествознания этого времени заявляли: „Познание природы, точнее говоря естественнонаучное познание или познание телесного мира с помощью и в духе теоретического естествознания, является сведением изменений в телесном

мире к движениям атомов, вызываемым их независимыми от времени центральными силами, или же растворением явлений природы в механике атомов“ (Дюбуа-Реймон). „Конечная цель естественных наук заключается в нахождении и изучении движений, лежащих в основе всех других изменений, а также и причин, вызывающих эти движения, т. е. в сведении к механике“ (Гельмгольд).

И, развиваясь под эгидой механистического естествознания, учение о клетке приобретает все более и более резко выраженный механистический отпечаток, вполне явственный уже со времени Вирхова. Недаром Энгельс, прекрасно сознававший и блестяще вышедший всю ограниченность механистического естествознания своего времени, писал, что уже „много лет тому назад Вирхов вынужден был вследствие открытия клетки заметить неадекватность индивидуума федерацией клеточных государств, что, конечно, очень прогрессивно, но мало соответствует научной и диалектической точке зрения“ (Соч., т. XIV, стр. 11).

Клеточная теория к концу XIX столетия по существу вырождается в грубо механистическую теорию клеточного государства (Zellenstaattheorie). „Одноклеточный протист, — писал Геккель (Ernst Haeckel, 1834—1919), — так относится к многоклеточному, как отдельный человек к государству. Многоклеточный организм есть клеточное государство и отдельные клетки суть его граждане“ (Естеств. история миротворения, ч. I, цит. по изд. „Мысль“, 1908, стр. 195).

Постулируя положение „все, что живет, есть не что иное как клетка“ [фраза, которой Деляж и Геруар (Delage et Hérouard, 1896) начинают свое многоотомное руководство зоологии] клеточная теория порою прямо тормозит развитие науки. Необходимость пересмотра основных положений клеточного учения становится все более явственной по мере роста гисто- и цитологических данных, добытых в последние десятилетия.

Задачей советской биологии является на основе диалектико-материалистической оценки фактического материала, которым мы теперь обладаем, показать, что ценного сохранило клеточное учение для нашего времени и что должно быть переработано и отброшено.

#### Л и т е р а т у р а

1. F. J. Cole. The history of Protozoology, London, 1926.
2. J. Florian. The early history of the cell-theory. Nature, vol. 130, 1932.
3. A. Hansen. Geschichte und Kritik des Zellenbegriffes in der Botanik, Giessen, 1897.
4. M. Heidenhain. Schleiden, Schwann und die Gewebelehre. Sitzungsber. d. phys.-med. Ges., Würzburg, № 1, 2, 3, 1899.
5. — Plasma und Zelle, 1. Abt., Jena, 1907.
6. W. A. Lacy. Biology and its Makers, 3 edit., N. Y., 1915.
7. A. R. Rich. The place of R.-I.-H. Dutrochet in the development of the cell-theory. Bull. John's Hopk. Hosp., vol. 39, № 5, 1926.
8. F. K. Studnička. Joh. Ev. Purkinjes und seiner Schule Verdienste um die Entdeckung tierischer Zellen und um die Aufstellung der „Zellen“-Theorie. Acta Soc. sc. nat. Moraviae, 85



- t. IV, f. 4, 1927 (то же в сокр. виде: *Anatom. Anz.*, Bd. 64, № 8—10, 1927).
9. F. K. Studnička. Aus der Vorgeschichte der Zellentheorie. H. Milne-Edwards, H. Dutrochet, F. Raspail, J. E. Purkinje. *Anatom. Anz.*, Bd. 73, 1932.
10. — Mathias Jacob Schleiden und die Zellentheorie von Theodor Schwann. *Anatom. Anz.*, Bd. 76, № 5—6, 1933. (Перевод этой статьи см. *Природа*, № 10, 1933.)
11. — Die Grundlagen der Zellenlehre von Theodor Schwann. *Anatom. Anz.*, Bd. 78, № 11—14, 1934. (Перевод статьи см. *Природа*, № 11, 1934.)
12. W. Turner. The cell-theory, past and present. *Nature*, vol. 43, 1890.

## ПАМЯТИ КАРЛА ШОРЛЕММЕРА

(30 IX 1834—27 VI 1892)

Проф. М. А. БЛОХ

„Великий химик... был коммунистом раньше, чем выступил в Германии Лассаль. ...он был уже законченным коммунистом, которому оставалось только изучить с нашей помощью экономическое обоснование давно усвоенных им убеждений.“<sup>1</sup>

Фр. Энгельс.

„Когда я познакомился с Шорлеммером в начале шестидесятых годов, — в короткое время Маркс и я подружились с ним, — пишет Энгельс в некрологе, посвященном Карлу Шорлеммеру, — ... он был уже законченным коммунистом, которому оставалось только изучить с нашей помощью экономические обоснования давно усвоенных им убеждений... Свои каникулы он проводил регулярно в Лондоне у Маркса и у меня за исключением того времени, которое он бывал в Германии“.<sup>2</sup>

Насколько нам известно, он был единственным крупным химиком-органиком и одновременно марксистом. В письме к Э. Бернштейну от 27 II 1883 г. Энгельс говорит о Шорлеммере, что после Маркса „это самый выдающийся человек в европейской социалистической партии“.<sup>3</sup>

Представляется поэтому вполне своевременной попытка дать краткую характеристику жизни и деятельности Шорлеммера, этого „скромнейшего в мире человека“, друга Маркса и Энгельса.

Карл Шорлеммер родился 30 ноября 1834 г. в Дармштадте в семье столяра. Первоначальное образование он получил в четырехклассном реальном училище и в Дармштадтской высшей промышленной академии, где рано проявился его интерес к химии и физике. Его отец, имея большую семью (9 детей) решительно возражал против научных занятий сына. По совету своего школьного товарища Дитмара (впоследствии тоже химика) Шорлеммер работает в аптеке.

История химии показывает, что аптеки являлись долгое время местом накопления химических знаний, родником, в котором черпали силы многие будущие известные химики.

С химией Шорлеммер познакомился в Гиссене и Гейдельберге, где совмещал учение с работой в аптеке. Лекции знаменитого Бунзена оказы-

вают сильнейшее влияние на Шорлеммера. Он оставляет фармацию и переезжает к Либиху в Гиссен. Здесь он получает систематическое химическое образование. В 1858 г. он переезжает в Англию и — в противоположность большинству своих сверстников — не уходит в промышленность, а остается ассистентом у частного химика Августа Смита, а затем — по рекомендации Дитмара — частным ассистентом у Роске в Манчестере, не задолго до этого назначенного профессором Оувэнского колледжа.

В 1861 г. он получает штатное место лаборанта, лекционного ассистента, а в 1874 г., благодаря Роске, занимает в том же колледже кафедру органической химии, специально для него созданную. В течение 34 лет Англия как бы является второй его родиной.

В 1871 г. он был избран в члены Королевского общества английской Академии наук. Вскоре после этого Глазговский университет избирает его почетным доктором. В 1878 г. он становится членом американского *Philosophical Society*.

После смерти Маркса в 1883 г. дружба Шорлеммера с Энгельсом еще более укрепилась.

„Еще 4 года назад, — вспоминает Энгельс в некрологе, — он принял участие со мной в „экскурсии“ (квэвички Ф. Энгельса) в Америку. В 1890 г. мы могли еще покатать в Норвегию, к Нордкапу, но в 1891 г. уже в начале предпринятого нами совместного путешествия, его здоровье расстроилось, и с того времени он больше не приезжал в Лондон“.<sup>1</sup>

Последние годы жизни Шорлеммера были омрачены глухотой. С февраля 1892 г. „он почти не покидал квартиры, а с мая был прикован к постели, и умер 27-го июня от опухоли в легком“ на 58-м году жизни.

Шорлеммеру пришлось на себе испытать действие немецкого закона о социалистах. Когда он в 1885 или в 1886 г. приехал из Швейцарии в Дармштадт, полиция заподозрела, что он привез контрабанду — ящик с цюрихским „Социал-демократом“. Был произведен обыск у его матери, у брата, и дана была телеграмма в Гёхст, где он в это время находился, чтобы произвести обыск у него. Но Шорлеммера спасло то, что после издания в Германии закона о социалистах, он принял английский паспорт и мог предъявить английский паспорт. „Таким образом, — замечает

<sup>1</sup> Ф. Энгельс. *Диалектика природы*. 6-е изд., Партиздат, Москва, 1932, стр. 219, 220.

<sup>2</sup> *Ibidem*, стр. 220.

<sup>3</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. *Письма*. Сборник избранных писем, изд. 4, перевод, редакция, примечания В. В. Адоратского, Соцгиз, М.—Л., 1931 г., стр. 295.

<sup>1</sup> *Диалектика природы*, стр. 220.

Энгельс, — финалом этой пьесы был громкий скандал в Дармштадте, который на ближайших выборах доставил нам по меньшей мере 500 новых голосов".<sup>1</sup>

Шорлеммер был химик-органик раг excellence. Основной областью его работ являлись парафины, и многие представители парафинового ряда были им получены впервые, изолированы, определены физико-химические константы, состав и молекулярный вес.

Для того, чтобы понять значение этих работ Шорлеммера, напомним, что когда химики начали заниматься развитием теории структуры, перед ними встал вопрос, равнозначны ли четыре валентности углерода. Допущение двух изомерных углеводородов —  $C_2H_6$  и двух соединений  $CH_3Cl$  было объяснимо как по теории радикалов, так и по теории типов, но по структурной теории должно было привести к представлению о неравнозначности валентностей углерода. А. М. Бутлеров уже поэтому в 1862 г. из существования этих обоих углеводородов заключил, что единицы средства, соединяющие атомы углерода, в обоих случаях не одни и те же.<sup>2</sup> В своем сочинении «Современные теории химии»<sup>3</sup> Лотар Мейер в 1864 г. писал: «Согласно исследованиям Байера, существуют два различных по своим свойствам, т. е., только изомерных и не идентичных соединения с формулой  $CH_3Cl$ . Это различие может происходить только оттого, что не безразлично, какие из четырех средств углерода насыщаются хлором, и какие водородом», и таким образом он так же, как и А. М. Бутлеров, объясняет различие водородистого этила и диметила.

Большой заслугой Шорлеммера является то, что он повторил (в 1864 г.)<sup>4</sup> опыты Франкланда,<sup>5</sup> касающиеся отношений этих обоих углеводородов к хлору, и доказал, что предполагавшееся отличие этиловодорода и метила (или диметила) не существует, что хлористый метил и хлорированный болотный газ идентичны и что предположение о различии средств углеродного атома излишне.

В 1866 г. Лотар Мейер,<sup>6</sup> ссылаясь на свои прежние взгляды, замечает: «но с того времени, как Шорлеммер доказал, что предполагавшееся до сих пор различие между водородистым этилом



Карл Шорлеммер.

(этаном) и метилом (или диметилом) не существует, нельзя больше сомневаться в идентичности хлорметила и простого хлорированного метила, что не вполне было доказано опытами Бертело, но, благодаря этому, установление ошибочности всех тех наблюдений и предположений о различии между средствами углеродного атома, конечно, излишне". «С того времени, — замечает историк органической химии Гребе, — не найдено ни одного правильно наблюдаемого факта, который изменил бы это положение».<sup>1</sup> Шорлеммер в своих исследованиях доказал, что и другие углеводороды, которые прежде рассматривались как радикалы спиртов в свободном состоянии, так же относятся к хлору, как диметил.

Вот как он сам определяет значение этой своей работы для развития синтетической органической химии: «Образование хлористого этила из метила (т. е., диметила) указывает путь получения из простейшего углеводорода болотного газа, не только всего ряда его гомологов, но так как последние представляют исходную точку для большой группы соединений углерода, в которых углеродные атомы предполагаются расположенными в простейшую формулу друг около друга, группы, называемой Кекуле «жирным рядом», то таким образом представляется возможным получить эту важную группу очень простыми синтетами из основных веществ».

Роске в своих воспоминаниях характеризует работы Шорлеммера об углеводородах, как первоклассные, и указывает, что его успешная полемика с Франкландом об образовании так называемых радикалов спиртов и их гидридов представляет интересный и значительный эпизод в истории теоретической химии. «Насколько умеют в Англии ценить оригинальные умы, — говорит он, — показывает то обстоятельство, что Шорлеммер, спокойный и замкнутый человек, которого знали немногие, уже при первом его желании был избран в члены Королевского общества — весьма редкий случай. В течение 30 лет — до своей смерти — он работал рядом со мной. Мы были весьма близки, и я думаю, что в течение всего времени у нас не было ни одного спора».

1 Ibidem, стр. 221.  
2 Ztschr. f. Chem. 5, 298 (1862).  
3 Die modernen Theorien der Chemie.  
4 Ann. der Chemie 131, 76 и 132, 234 (1864).  
5 Франкланд впервые приготовил гомологи метана с помощью открытых им цинкакилов; действием воды он получил углеводороды с таким же содержанием углерода, как и в содержащихся в цинкакилах радикалах. Так, напр., из цинкэтила — этан. Когда он действовал на эти цинкакилы галоидами, он получил соединения с более высоким содержанием углерода, напр., из цинкэтила и иодэтила — бутан. Эти синтезы вызвали большие дискуссии о строении полученных при их помощи углеводородов, которые рассматривались, как свободные радикалы спиртов. В 1854 г. Вюрц действием натрия на иодистые алкиды получил радикалы спирта, Франкланд — смеси двух иодидов — сложные радикалы спиртов, напр. метил-этил, современный пропан.

6 Ann. der Chemie 139, 283 (1866).

1 C. Graebe, Geschichte der organischen Chemie, 1920, 239, 240.

Биограф Шорлеммера Шпигель в некрологе так оценивает значение этих исследований Шорлеммера.

„...Эту работу Шорлеммера можно назвать поворотной точкой в развитии воззрений. До нее было бы невозможно создание наших графических формул или принятие вскоре последовавшей предложенной Гофманом рациональной номенклатуры, при помощи которой мы обозначаем сегодня этаном то, что прежде обозначали то как водородистый метил, то как водородистый этил“.

После того как Бертело в 1860 г. доказал, что маннит представляет собою шестиятомный спирт, Эрленмейер и Ванклин (Wanklyn) изучают действие на маннит иодистоводородной кислоты и действием динка и воды на образующийся при этом  $C_6H_{12}I$  получают водородистый гексил.<sup>1</sup> Но лишь Шорлеммер во время своего исследования углеводов ряда  $C_nH_{2n+2}$  показал, что водородистый гексил из маннита является нормальным гексаном.<sup>2</sup>

Вместе со своим другом R. S. Dale он произвел исследование аурина, доказав близкую связь его с розанилином.<sup>3</sup>

История химии показывает нам много примеров той настойчивости, выносливости, которой отличаются выдающиеся экспериментаторы. Шорлеммер в этом отношении не представлял исключения. „...он,—вспоминает Энгельс,—часто приходил ко мне с синяками и рубцами на лице. С парафинами ведь шутки плохи; эти большею частью еще неизвестные тела каждую минуту взрывались у него в руках, и таким образом он получил не мало почетных ран. Только своим очкам он обязан тем, что не лишился при этом зрения“.<sup>4</sup>

В истории химии имя Шорлеммера увековечено вместе с Роске и по линии методической. Первый том подробного учебника химии, написанного обоими совместно, появился на немецком языке в 1877 г. и на английском в 1878 г. В 1879 г. вышел второй том.

Его химия углеродистых соединений „Chemistry of the carbon compounds“, написанная четырьмя годами раньше (1874), вышла на русском языке с предисловием А. М. Бутлерова.

Еще в Гиссене, где ял и работал знаменитый историк химии Коппе, Шорлеммер заинтересовался вопросами истории химии. В своем учебнике он приводит очень много исторических данных о разных химических явлениях, но особого внимания заслуживает его изданная на английском языке небольшая книга „Зарождение и развитие органической химии“.<sup>5</sup> Она посвящена его учителю Коппу.

Приведем краткое содержание, характеризующее расположение материала в этом труде Шорлеммера.

<sup>1</sup> Ztschr. A. Chem. 4, 606 (1861); Ann. der Chemie 135, 129 (1865).

<sup>2</sup> Ann. der Chemie 147, 220 (1868); т. 161, стр. 275 (1872). Более подробно см. C. Graebe, l. c., 250, 251.

<sup>3</sup> Richard Meyer. Vorlesungen über die Geschichte d. Chemie. 1922, 174.

<sup>4</sup> Диалектика природы, стр. 220.

<sup>5</sup> Rise and development of organic chemistry, 1879; Его же. Der Ursprung u. die Entwicklung der organischen Chemie, 1889.

В 1-й главе он останавливается на химических знаниях древних, на происхождении слов „химия“, „алхимия“, „ятрохимия“, на различии между неорганическими и органическими телами, на флогистоне, Лавуазье и этеричной теории.

2-я глава посвящена жизненной силе, первому искусственному синтезу органических соединений, органическим радикалам, теории замещения Дюма-Лорана, возражениям Берцелиуса и теории ядер.

В 3-ей главе излагаются теория типов Дюма, парные формулы Берцелиуса, критика Либиха французских химиков, развитие теории радикалов, теория Либиха многоосновных кислот, унитарные формулы Жерара-Лорана, гипотеза Авогадро.

В 4-й главе рассказывается о сочетании теории радикалов и типов, о взглядах Либиха на радикалы, о теории остатков, о работах Вюрца и Гофмана, о типе воды Вильямсона, о теории типов Жерара и началах теории химической значности.

В 5-й главе сообщается о том, что сложные радикалы встречаются и в неорганических соединениях, что все органические соединения содержат углерод, о количественном и качественном отличии последнего от других элементов, о гомологических рядах и о том, что органическая химия есть химия углеводов и их производных.

6-я глава посвящена органическому анализу, вычислению формул, определению молекулярного веса, рациональным и графическим формулам.

7-я глава излагает методы определения строения органических соединений. Показателем химического чутья Шорлеммера является то, что в этой главе он отводит специальное место истории молочной кислоты, сыгравшей такую роль в дальнейшем развитии теоретических представлений в органической химии, и останавливается на явлениях изомерии.<sup>1</sup>

8-я глава описывает изомерные парафины, первичные, вторичные и третичные спирты, эфиры и сложные эфиры и более бедные водородом соединения.

Очень интересна 9-я глава, охватывающая ароматические соединения, излагающая теорию Кекуле, взгляды Ладенбурга и Байера, явление таутомерии, оптические и геометрические изомерии и останавливающаяся на взглядах Кольбе.

В 10-й главе мы находим синтезы многообразных органических соединений (мочевина, искусственной кислоты, параффинов, спиртов и жирных кислот глицерина и жиров, растительных кислот, сахара, конина, мочевой кислоты).

11-я глава является как бы продолжением 10-й, в ней приведены синтезы ароматических соединений: бензола, бензойной кислоты, горькоминдального масла, салициловой кислоты, кумарина, ванилина, ализарина и многих других.

12-я глава заканчивает обзор синтезов, останавливаясь на синтезе индиго.

С большим интересом современный химик прочтет заключительные страницы этой столь содержательной, несмотря на свой небольшой

<sup>1</sup> Cp. C. Neuberg и M. Kobel. Über die Milchsäure in ihrer Bedeutung für die Chemie u. Physiologie. Z. f. angew. Ch. 1925, 761.

объем, истории органической химии. Эти страницы полны оптимизма. Шорлеммер верит в будущий синтез хинина, в синтез сахара, крахмала. „Загадка жизни может быть разрешена только синтезом белка“. „Органическая химия, — говорит Шорлеммер, — развивается исполнинскими шагами. Всего лишь примерно 50 лет тому назад было известно только 12 углеводов. 10 лет назад число их увеличилось примерно до 200. В настоящее время мы знаем более 400. Многие из них точно исследованы, так же, как и чрезвычайно многочисленные производные. Что бы сказал сегодня Гмелин, который еще в 1827 г., когда он писал свое настольное руководство, призывал химиков сделать остановку, так как он не может догнать их“.

Работа заканчивается цитатами из замечательной речи Кекуле о научных целях и достижениях химии<sup>1</sup> и выдержками из предисловия Коппа к его „Развитию химии в новейшее время“.

Приходится только сожалеть, что Шорлеммеру не удалось закончить начатую им и доведенную лишь до конца XVIII в. историю химии.

Основоположники марксизма живо интересовались и прекрасно понимали ее значение.

Весьма любопытны примечания Карла Шорлеммера к одному из писем Энгельса к Марку (30 V 1873 г.): „Предмет естествознания, — пишет Энгельс, — движущееся вещество, тела. Тела нельзя отделить от движения... Лишь в движении тело обнаруживает, что оно есть... Познание различных форм движения и есть познание тел. Таким образом, изучение этих различных форм движения является главным предметом естествознания“. К этому Шорлеммер прибавляет: „Очень хорошо. Это так же и мой взгляд“.

И далее: „Для исследования причин форм движения было бы более или менее безразлично, производится ли оно над одушевленными или неодушевленными телами. В неодушевленных телах явления даже проявляются в их наибольшей чистоте. Химия же, наоборот, может познать химическую природу важнейших тел только на тех веществах, которые возникают из процесса жизни. Главной задачей химии все больше и больше становится искусственное создание этих веществ. Они образуют переход к науке об организме, но диалектический переход можно будет установить только тогда, когда химия или уже делает действительный переход или будет близка к этому“. К этому замечанию Энгельса Шорлеммер прибавляет: „В этом все дело!“<sup>2</sup>

В письме Энгельса к Марку из Манчестера 16 VI 1867 г. он, между прочим, пишет: „Прочел Гофмана. Новая химическая теория со всеми ее ошибками является большим шагом вперед по сравнению с прежней атомистической. Молекула, как мельчайшая способная к самостоятельному существованию (разрядка Энгельса) часть материи, есть совершенно рациональная категория, „узел“ (ein „Knoten“), как говорит Гегель, в бесконечном ряде делений, не замыкающий этого ряда, но устанавливающий

качественную разницу... Вообще отмеченные в книге успехи химии действительно огромны, и Шорлеммер говорит, что эта революция совершается непрерывно, ежедневно, так что всякий день можно ожидать новых переворотов“<sup>1</sup>.

Шорлеммер, вероятно, был единственным или во всяком случае один из немногих химиков XIX столетия, высоко ценивший Гегеля и изучавший его труды. „Кто жаждет совершить кое-что в области теоретического общего естествознания, тот должен рассматривать явления природы не как неизменные величины, — что делает большинство, — а как изменчивые, текущие. А этому еще и поныне легче всего научиться у Гегеля“<sup>2</sup>.

Шорлеммера особенно интересовала связь, которая существует между химией и смежными науками, в особенности с физикой и физиологией.

Таков был Карл Шорлеммер, человек ученый, педагог, историк представляющий собой своеобразный симбиоз естествоиспытателя и законченного коммуниста, как его называет Энгельс.

На могилу Шорлеммера Энгельс возложил венок с красными лентами и с надписью: „От исполнительного комитета Германской социал-демократической партии“.

#### Сводка работ Шорлеммера

Chem. Soc. J.: Hydrocarbons contained in crude benzol, 1 p. — On<sup>2</sup> ethyl-hexylether, 1 p. (19, 1866). — Constit. of hyposulphurous acid, 5 p. (22, 1869). — Suberone, 1 2 p. — Methyl-hexyl carbinol, 2 p. (27, 1874). — Boiling point of methyl-hexyl carbinol, 1 p. — On Grove's method of preparing chlorides, 1 p. (28, 1875). — Transform.<sup>1</sup> of aurin into rosanilin, 2 p. (31, 1877). — On<sup>1, 5, 9</sup> aurin, 11 p. — Transform.<sup>1</sup> of aurin into triphenylparosaniline, 1 p. — On<sup>1</sup> safranin, 2 p. — Suberic<sup>1, 5</sup> & azelaic acids, 4 p. (35, 1879). — Action of HCl on ethylene alcohol, 1 p. — Suberone<sup>9</sup> 4 p. (39, 1881).

Deutsch. chem. Ges. Ber.: Derivate d. Hexylwasserst., 1 p. — Eigenthüm.<sup>4</sup> Bild. v. Cetylalkohol, 1 p. (3, 1870). — Einige Kohlenwasserstoffe d. Sumpfgasreihe, 1 p. (4, 1871). — Bleikammerkrystalle, 1 p. (5, 1872). — Önanthylsäure, 1 p. — Chem.<sup>8</sup> Constit. d. Chlorkalks, 2 p. (6, 1873). — Zur Geschichte d. Chlorkalks, 1 p. — Methylhexylcarbinol, 2 p. (7, 1874).

Liebig, Ann. Chem.: In<sup>2</sup> d. Destill. — Producten v. Cannelkohle enthaltene Hydrüre d. Alkoholradicale, 11 p. (125, 1863). — Derivate<sup>2</sup> d. Heptylwasserst., 8 p. (127, ib.). — Chem.<sup>2, 3</sup> Bezieh. d. Alkoholradicale, 8 p. (129 & 132, 1864). — Einwirk.<sup>3, 4</sup> v. Cl. auf Methyl, 4 p. (131, ib.). — Identität<sup>2</sup> d. Äthylwasserst. & d. Methyls, 4 p. (132, 1 b.). — Neure Reihe v. Kohlenwasserst., 8 p. (139, 1866). — Caprylalkohol aus Ricinusöl, 7 p. (147, 1868). — Deriv.<sup>3, 4</sup> d. Propans, 10 p. (150 & 152, 1869). — Octyl-Verbind., 7 p. (152, ib.). — Normale<sup>6</sup> Paraffine, 32 p. (161, 188 & 199, 1872–1879). — Heptane des Steinöls, 6 p. (166, 1873). — Önanthylsäure<sup>2</sup> & normaler Heptylalkohol (mit Grimshäw) 14 p. (170, 1 b.). — Grove's Darstell. v. Äethylchlorid etc., 2 p. — Reduct. d. Aldehyde zu Alkoholen, 2 p. — Üb. „Morgan, Paraffine d. Steinöls v. Pensylv.“, 2 p. (177, 1875).

<sup>1</sup> A. Kekule. Die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie, 1877.

<sup>2</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Письма, стр. 294, 295.

<sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Письма, стр. 195, 196.

<sup>2</sup> Диалектика природы, стр. 220.

London, Roy. Soc. Proc.: Researches 2,<sup>5</sup> on t. hydrocarbons of t. series  $C_nH_{2n+2}$ , 37 p. (14, 16, 18 & 19, 1865—1871). — Amylcompounds derived from petroleum, 1 p. — New series of hydrocarbons derived from coal-tar, 4 p. (15, 1866). — Constit. of capryl alcohol from castor-oil, 5 p. (16, 1858). Manchester, Lit. Phil. Soc. Proc.: Chem. constitut. of Americ. rock. oil, 4 p. (3, 1862—1863). — Boiling points of t. normal paraffins etc., 3 p. (11, 1872).

<sup>1</sup> C. R. S. Dale; <sup>2</sup> также в Chem. Soc. J.; <sup>3</sup> Ann. chim. phys.; <sup>4</sup> London, Roy. Soc. Proc.; <sup>5</sup> Liebig, Ann. Chem.; <sup>6</sup> London, Phil. Trans.; <sup>7</sup> Erdmann, J. pr. Chem.; <sup>8</sup> Manchester, Lit. Phil. Soc. Proc. & Mem.; <sup>9</sup> Deutsch. Chem. Ges. Ber.

#### Литература о Шорлеммере

1. Ф. Энгельс. Дialeктика природы. 6-е изд., Партиздат., Москва, 1932, стр 219—221.
2. Ф. Энгельс. Некролог. Форверт, 1892.
3. К. Маркс и Ф. Энгельс. Письма. Сборник

избранных писем. Изд. 4, перевод, редакция и примечания В. В. Адоратского, Союзгиз, 1931, стр. 196 и 295.

4. Pogendorf. Biographisch-litterarisches Handwörterbuch. 1898, Bd. 3, S. 1208.
5. A. Spiegel. Berichte der deutschen Chemie. XXV, 1892, S. 1107.
6. М. А. Блох. Биографический справочник. „Выдающиеся химики и ученые XIX и XX столетий, работавшие в смежных с химией областях знания“. Т. II, Ленхимсектор, 1931 г., стр. 663—664.
7. М. Герчиков. Карл Шорлеммер. Сорена, № 4, 1932, 235.
8. Henry Roscoe. Ein Leben der Arbeit. Erinnerungen. Leipzig, 1919, S. 100—101 („Grosse Männer“, herausgegeben von Wilhelm Ostwald, Bd. 7).
9. Carl Graebe. Geschichte der organischen Chemie, 1920, 239, 250.
10. Edv. Hjel t. Gesch. d. org. Chem., 1916, 277 сл.
11. Richard Meyer. Vorlesungen über die Geschichte der Chemie. 1922, 169, 174—175, 307.

# ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И СТРОИТЕЛЬСТВО СССР

## ПУТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПУСТЫННОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА

Проф. Р. И. АБОЛИН

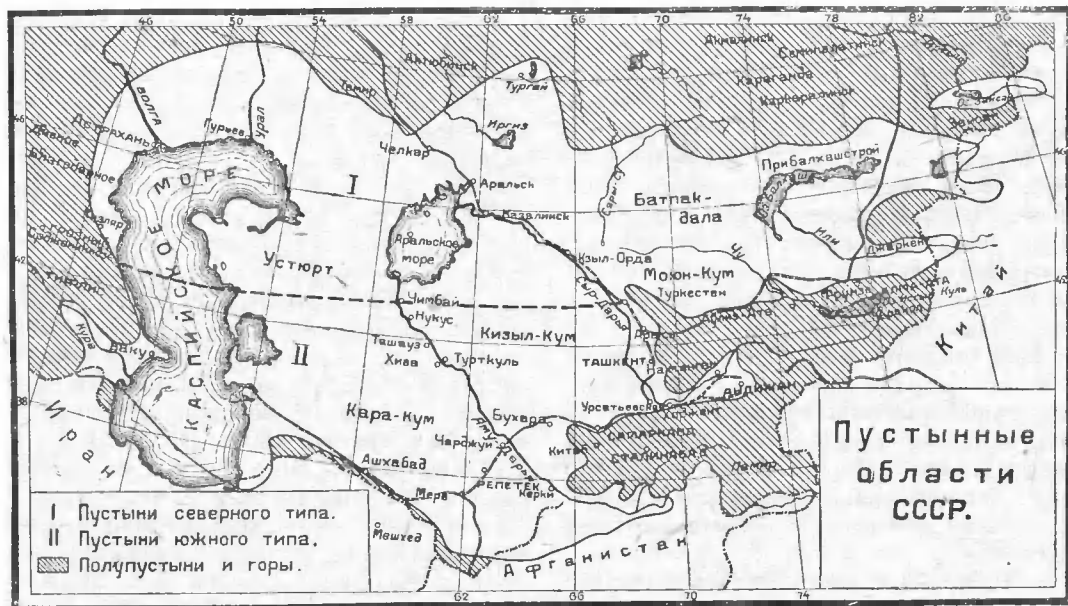
### 1. НАШИ ПУСТЫНИ И ИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ОСВОЕНИЕ

Страна победившего пролетариата, под руководством Коммунистической партии строящая бесклассовое общество и новую культуру — культуру коммунизма, гигантскими шагами революционизирует технику и создает новые еще невиданные в истории человечества предпосылки для дальнейшего развития производительных сил. От болотистых равнин Советской Белоруссии до лесистых сопок Дальнего Востока и от холодных берегов Полярного океана до знойных пустынь Средней Азии всюду кипит великая социалистическая стройка, выдвигающая перед страной все новые и новые организационно-технические задачи.

В области сельского хозяйства одной из таких новых организационно-технических задач является задача сельскохозяйственного освоения пустынь. Под

пустынями мы понимаем предельно засушливые области земного шара, в которых все жизненные проявления, а вслед за ними и сельское хозяйство в своем развитии относительно ограничены крайним недостатком влаги, даже при вполне благоприятном сочетании всех других природных факторов. В пределах Советского Союза пустыни занимают около 300 млн. га, или около 14% от площади всего Союза.

С точки зрения природных условий оптимальным для развития жизни и сельского хозяйства приходится считать уравновешенный приход и расход влаги, т. е. более или менее полное соответствие между количеством выпадающих осадков и испарением. Это соответствие мы имеем в области черноземных степей, где только в отдельные засушливые годы оно нарушается в неблагоприятном направлении. Но уже в области сухих степей, с так называемыми южными



черноземами и каштановыми почвами, баланс влаги складывается менее благоприятно, причем испарение в 2—3 раза превышает количество выпадающих осадков. Здесь мы имеем дело с систематической засухой, борьба с которой является одной из актуальнейших задач социалистического сельского хозяйства.

Что же касается пустынь, то состояние водного баланса в них определяется тем, что испаряемость влаги, по крайней мере, в 5—10 раз превышает количество выпадающих атмосферных осадков. По отдельным пустынным районам Советского Союза, в зависимости от степени напряжения факторов испарения, годовой дефицит осадков, по сравнению с черноземностепными районами, колеблется в пределах от 600 до 1000 мм. В промежутке между сухими степями и пустынями стоят переходные области с годовым дефицитом осадков около 400—500 мм, обычно выделяемые под названием полупустыни.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Годовой дефицит осадков исчисляется нами методом гидротермических коэффициентов. Подробнее об этом см. статью Р. И. Аболина. "Почвы Киргизии и возможности их с.-х. освоения". Труды II Конференции по произв. силам Киргизской АССР. Изд. Академии Наук. (Печатается.)

Если в условиях сухих степей борьба с засухой частично разрешается при помощи специальной агротехники сухого земледелия, то уже в условиях полупустыни, а тем более пустыни, самым радикальным приемом земледелия является искусственное орошение полей. Но орошение в крупном масштабе возможно только за счет привлечения воды из более богатых водою сопредельных районов, так как сама пустыня не имеет необходимых для этого водных источников.

В условиях наших пустынь такими богатыми водою сопредельными районами являются расположенные по южной и восточной ее границе горы Тянь-шаня и Памиро-Алая, а на юго-западе горы Кавказа и отчасти Ирана, причем последние расположены уже за пределами Советского Союза. С севера же пустыни ограничены крайне бедными водою областями сухих степей Центрального Казахстана, в силу чего взять что-либо отсюда для орошения пустыни не представляется возможным. Исключение составляет самая северозападная окраина наших пустынных и полупустынных областей, находящаяся в сфере влияния нижнего течения рек Волги и Урала.

В силу такого положения водных источников, орошение в наших пустынях

получило значительное развитие преимущественно в непосредственном соседстве с горами — частично еще в пределах горной полупустыни. Здесь мы имеем такие крупные массивы орошаемых земель, как Ферганская долина, Ташкентский и Зеравшанский оазисы, Чуйская долина, подгорная часть Алмаатинского Алатау, а на западе — Азербайджан и плоскостной Дагестан. И только наиболее крупные водные источники гор — реки Аму-дарья, Сыр-дарья, Чу и Или своими низовьями врываются в самое сердце пустынь — Туранскую низменность, позволяя ставить частично разрешать проблему орошения и в этих районах. На остальном пространстве Туранской низменности орошение осуществляется только отдельными мелкими оазисами.

Несмотря на многовековое развитие ирригационного хозяйства, к настоящему времени орошением в пустынных и полупустынных районах нашего Союза охвачено всего около 5 млн. га, т. е. 1,7% от общей их площади. Имеющиеся в настоящее время подсчеты ирригационных перспектив<sup>1</sup> говорят о возможности доведения орошаемой площади до 12, максимум до 15 млн. га, т. е. до 5% от общей площади всех пустынь и полупустынь СССР. В эти цифры не включены проекты орошения в степных районах Заволжья, Северного Кавказа и Южной Украины.

А что же в таком случае делать с остальными огромнейшими пустынными территориями? Представляют ли они действительно „проклятые творцом“ бросовые земли, или все же могут и должны быть вовлечены в хозяйственный оборот социалистической страны?

Разведение культурных растений без искусственного орошения решительно остановилось еще далеко за границами настоящей пустыни. Если посмотреть на карту земледелия СССР, и сравнить ее с картой выпадения осадков, то мы увидим, что по всей западной и северной окраине полупустыни границы неорошаемого земледелия приблизительно

совпадают с изогией годовых осадков в 250 мм. За пределами этой изогией мы имеем только отдельные робкие попытки неорошаемого земледелия, полностью исчезающие по изогие в 200 мм годовых осадков. Наиболее смелым форпостом научно-исследовательской работы по сухому земледелию здесь до сих пор являлось Темирское опытное поле, по которому количество годовых осадков составляет 263 мм. Если учесть общий гидротермический режим этого района, то годовой дефицит осадков составляет здесь около 350 мм, что еще весьма далеко от истинного дефицита осадков в пустыне (600—1000 мм).

По южной границе пустыни так называемое богарное (весеннее) земледелие, рассчитанное на использование влаги зимне-весенних осадков, занимает полосу предгорий с общим количеством осадков около 300—400 мм в год и больше. Наиболее далеко в сторону настоящей пустыни оно проникает в районе Ташкента и Зеравшана. Имеющиеся здесь опытные поля по богарному земледелию получают осадков за год: Бурненское — 345 мм, Красноводопадское — 406 мм и Каттакурганское — 286 мм. Учтя гидротермический режим районов расположения этих полей, первое из них, т. е. Бурненское, мы можем сравнить с Темирским опытным полем на северной границе пустыни, так как годовой дефицит осадков составляет здесь также около 300 мм. Красноводопадское и Каттакурганское опытные поля имеют значительно более высокий годовой дефицит осадков — около 600—700 мм. Но в виду мягкости зимнего периода, при ранней и влажной весне, неполивные культуры здесь созревают и убираются уже в июне, когда еще только начинает сказываться общий годовой дефицит влажности.

В виду указанного положения неорошаемая пустыня уже издавна считалась пригодной только для экстенсивного кочевого животноводства. При помощи таких пустынных видов животных, как верблюды, курдючная и каракулевая овцы, местным населением веками использовались скудные пустынные пастбища путем перекочевков с места на место в соответствии с сезонными цик-

<sup>1</sup> А. Н. К о с т я к о в. Крупные объекты и проблемы мелиорации в СССР в связи с задачей растениеводства. Растениеводство СССР, т. I, ч. I, Агр., 1933.

лами развития растительности и различными стихийными явлениями суровой пустынной природы (снегопады, гололеда, ветер, жара, появление и иссякание воды в колодцах и хакках). Выпас животных производился круглый год, почти без всякой заготовки корма на менее обеспеченные периоды года.

Только в больших речных долинах и по соседству с орошаемыми оазисами увеличивалось разнообразие животных разведением, кроме указанных, еще коз, крупного рогатого скота и лошадей. При этом здесь частично уже производилась заготовка корма для подкормки молодняка и более ценных или больных животных, в особенности в периоды больших снегопадов, буранов, гололеда и т. д.

Социалистическая реконструкция пустынного животноводства возможна только через оседание кочевого населения на базе объединения его в коллективные хозяйства и производственные артели. При этом, конечно, ни в какой степени не приходится отказываться от круглогодичного использования естественных пастбищ даже путем организации временного отгона большей части стада в более отдаленные районы. Но наряду с этим проблема интенсификации пустынного животноводства и задача социалистической реконструкции быта самого животноводческого населения выдвигают необходимость организации потребительского земледелия и искусственного кормодобывания в районах самих же пустынных пастбищ. Такая же постановка вопроса диктуется и необходимостью создания собственной молочно-огородной и мясной базы для многочисленных промышленных новостроек в пустыне и для заброшенного в пустыню железнодорожного пролетарията. Эмба-нефть, Нефтедаг, Карабугазхим и Прибалхашстрой настойчиво требуют озеленения и организации своего молочно-огородного хозяйства.

## 2. ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Для изыскания путей и методов разрешения указанных задач в 1932 г. при Всесоюзном институте растениеводства, по почину акад. Н. И. Вавилова, впер-

вые было создано Бюро пустынь — единственная пока научно-исследовательская организация, смело и решительно внедрившаяся в самое сердце пустыни с целью интродукции туда различных пищевых и кормовых культур. Основные работы Бюро сосредоточены на двух опытных станциях по освоению пустынь — Репетекской и Приаральской. Первая из них расположена в юго-восточных Каракумах при среднем количестве атмосферных осадков всего 92 мм в год. Вторая находится в районе г. Челкар, к северу от Аральского моря, при среднем количестве осадков 129 мм в год.

Учтя общий гидротермический режим, годовой дефицит осадков для первой станции приходится определять в 1000 мм, а для второй в 600 мм. Как в том, так и в другом случае мы имеем дело уже с настоящей пустыней — в Челкаре с более северной и несколько более влажной, а в Репетекке с более южной и засушливой почти до самых крайних пределов. Кроме того, в северной пустыне мы имеем более равномерное выпадение осадков в течение всего года. В южной же пустыне осадки выпадают только в промежутки времени с ноября по май, между тем как летом и в первой половине осени осадков совершенно не наблюдается.<sup>1</sup> На севере при этом зима весьма суровая и устойчивая, в силу чего посевы могут быть начаты только в апреле с расчетом на созревание культуры в конце лета и осенью. На юге же посевная кампания может продолжаться в течение всей зимы, причем многие культуры, подобно местной эфемерной растительности, созревают уже в мае и начале июня, т. е. до наступления жаркого и бездождного периода.

На что же мы рассчитывали, продвигаясь в суровую пустыню с проблемой разведения полезных растений без орошения, с проблемой, не имеющей прецедента в мировой истории и казавшейся для всех совершенно безнадежной?

Конечно, на успех.

В чем секрет наших дерзаний? В первую очередь, в теоретических подсчетах.

<sup>1</sup> Р. И. Аболин. Основы естественно-исторического районирования Советской Средней Азии. Труды Ср.-Аз. Гос. унив., сер. XII-а, вып. 2, Ташкент, 1929.



Когда мы учтем всю ту влагу, которую фактически потребляют наши культурные растения для своей вегетации и созревания, то окажется, что количество это составляет сравнительно невысокого порядка величины. Если руководствоваться исследованиями Бриггса и Шанца<sup>1</sup> о продуктивности транспирации у различных растений, то фактически необходимое количество влаги для получения того или иного количества сухого вещества выразится в следующих цифрах (в расчет сухого вещества входит только надземная масса растений, корни при этом не учитывались):

Название растений и сорта	Количество потребной воды на 1 ц сухого вещ. в куб. м	Это количество воды на 1 га полагается при осадках в мм	Чтобы получить 25 ц сухого вещ. с 1 га, став о 1 га, необходимо осадков в мм
Просо . . .	29.3	2.93	73
Сорго . . .	32.2	3.22	75
Кукуруза . . .	36.8	3.68	92
Пшеница . . .	51.3	5.13	128
Ячмень . . .	53.4	5.34	135
Овес . . .	59.7	5.97	149
Гречиха . . .	57.8	5.78	144
Картофель . .	63.6	6.36	159
Хлопчатник . .	64.6	6.46	161
Подсолнечник .	70.5	7.05	176
Фасоль . . .	72.8	7.28	182
Горох . . .	78.8	7.88	197
Люцерна . . .	80.5	8.05	201

Для всех перечисленных выше культур урожаи надземной воздушно-сухой массы в 25 ц. на га можно считать в достаточной мере хорошими. А между тем для получения этого урожая теоретически вполне достаточно 100—200 мм осадков, каковое количество имеется во многих пустынных районах, не говоря уже о полупустыне. Такие же культуры, как просо, сорго и кукуруза, могут дать тот же урожай даже при 73—100 мм осадков, что мы фактически имеем в наиболее бедных осадками пустынных районах.

Аналогичные результаты показывают опыты Максимова и Александрова<sup>2</sup> по продуктивности транспирации с учетом всей массы растения, в том

числе и корней. Произведя соответствующие перерасчеты, мы получаем при этом следующую потребность в воде:

Название растения и сорта	Количество потребной воды на 1 ц сухого вещ. в куб. м	Это количество получается на 1 га при осадках в мм	На 25 ц сухого вещества с 1 га необходимо осадков в мм
Кукуруза-бессарабка . .	26.0	2.60	65
Кукуруза Bonne County .	21.0	2.10	52
Пшеница кизыл-бугдай . .	19.6	1.96	49
Пшеница белокососка . .	22.4	2.24	56
Пшеница красноколоска .	26.2	2.62	65
Могар (кунак) . . . . .	30.2	3.02	75
Изень-прутьяк ( <i>Kochia</i> ) .	33.1	3.31	83
Подсолнечник . . . . .	46.9	4.69	117
Фасоль . . . . .	53.8	5.38	134
Полынь белая . . . . .	74.6	7.46	186

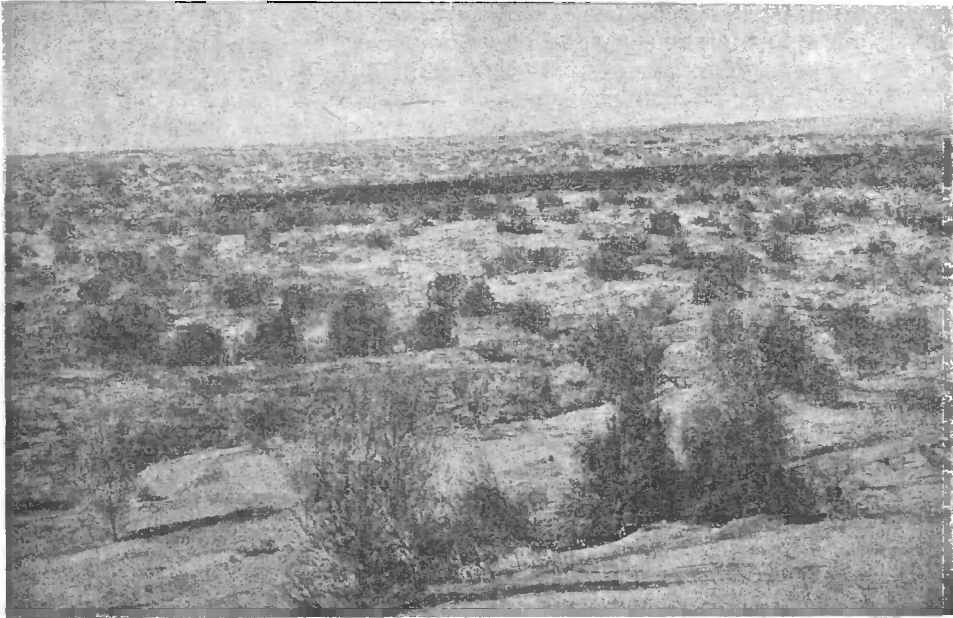
Если считать, что у культурных элаков корневая система составляет приблизительно около 33% всей сухой массы растения, то по этим данным при 50—75 мм осадков мы могли бы получить около 17 ц сухой надземной их массы (зерна, соломы), что далеко не плохо. Для получения же 25 ц надземной массы этих культур понадобится около 75—100 мм осадков, что как раз соответствует приведенным выше данным Бриггса и Шанца. Таким образом данные различных исследователей совпадают, что подтверждает их правильность. Любопытно при этом, что такой типичный представитель пустынной флоры, как пахучая белая полынь (*Artemisia fragrans*) при той же продукции сухой массы потребляет в два-три раза больше воды. Близкий к ней по экологии прутьяк (*Kochia prostrata*) требует в полтора раза больше воды, нежели некоторые сорта пшеницы и кукурузы.

Таким образом экспериментальные исследования над продуктивностью транспирации показывают, что по количеству атмосферных осадков любой участок пустыни мог бы обеспечить далеко не плохие урожаи необходимых нам культурных растений.

Но почему же в таком случае названные культуры не удаются без орошения даже и в более влажных районах, с количеством осадков в 200—250 мм? Да потому, что в обычных условиях культуры больше половины всей выпавшей влаги не доходит до корней растений, а теряется путем стока или бесполезного

<sup>1</sup> L. J. Briggs and H. L. Shantz. The water requirement of plants. U. S. Department of Agriculture, Bureau of Plant Industry, Bull. № 284—285, 1913, Washington.

<sup>2</sup> Н. Максимов и В. Александров. Продуктивность транспирации и засухоустойчивость. Тр. Тифл. бот. сада, т. XIX, 1917.



Фиг. 1. Песчаная пустыня Юго-Восточные Каракумы в районе ст. Репетек. Заросли песчаных кустарников; в центре проходящий поезд.

Фот. М. П. Петрова.

физического испарения с поверхности почвы. Этой же бесполезной потерей воды объясняется и то прискорбное для орошаемого земледелия явление, когда при действительной потребности культурных растений в воде в размере от 750 до 2000 куб. м на 1 га мы принуждены повышать фактические нормы орошения до 3500—5000 куб. м на 1 га. Поэтому задача наша заключается в том, чтобы предотвратить бесполезную потерю влаги и по возможности всю ее направить к корням растений. И тем самым проблема пустынного земледелия в основном своем узком месте будет разрешена даже без всякого орошения.

Как же мы разрешаем эту задачу? В первую очередь, путем подбора соответствующей почвы. В этом отношении пустыни далеко не однородны. По свойствам своей почвы они обычно подразделяются на глинистые, песчаные, каменистые и солончаковые.

Солончаковые почвы, как известно, обычно хорошо увлажнены, потому что они залегают в местах с близкими грунтовыми водами. Но использованию их влаги мешают легкорастворимые соли,

наличия которых в больших количествах не переносит большинство культурных растений. Правда, хорошо налаженная селекционная работа в направлении повышения солеустойчивости обещает дать и здесь весьма ценные результаты. Но это еще дело будущего. Пока же мы ведем работу по первичному отбору хозяйственноценных представителей дикой солончаковой флоры, позволяющих разрешать проблему окультивирования солончаковой пустыни без коренных мелиораций почвы.<sup>1</sup>

Каменистые пустыни по характеру своей почвы мало удобны, а часто и вовсе недоступны для обработки. Поэтому данный тип пустыни временно пришлось вовсе исключить из сферы нашего внимания.

Глинистые пустыни (и суглинистые) в условиях искусственного орошения считаются наиболее удобными для обработки и наиболее плодородными. В силу этого в них сосредоточено почти все

<sup>1</sup> Р. И. Аболля и А. С. Чечина. Растительность солончаков, ее использование и улучшение. Проблемы растениеводства, освоения пустынь, вып. 2, 1934.

орошаемое земледелие. Но без орошения они мало пригодны для разрешения нашей задачи ввиду большого бесполезного физического испарения почвы. Установленные агротехнические приемы сухого земледелия (глубокая вспашка, снегозадержание, создание почвенной структуры), хотя и снижают бесполезное физическое испарение, все же не разрешают проблемы ввиду крайней ограниченности атмосферных осадков.

Остается песчаная пустыня, которая всегда квалифицировалась как самая безотрадная и самая недоступная для жизни человека. Несомненно, конечно, что песчаная пустыня имеет целый ряд отрицательных особенностей. Рыхлая почва легко поддается развеванию ветром и образует подвижные барханы, засыпающие и растительность, и пути сообщения, и населенные пункты. Поверхность песка в пустыне накаляется летом до 60—78°, т. е. до температуры свертывания белка, что угрожает гибелью всему живому, не защищенному от действия подобных температур. Самый песок довольно беден питательными веществами, хотя пустынные пески в этом отношении несравненно богаче промытых дождевыми водами песков нашего севера.

Что же касается водных свойств песчаной почвы, то в условиях пустыни они оказываются максимально благоприятными для разрешения поставленной перед нами задачи. Свойства эти в основном следующие.

Песок хорошо водопроницаем. Поэтому на песчаной почве ни одна капля воды, даже при сильных ливнях и снеготаянии, не теряется путем поверхностного стока.

Песок отличается малой влагоемкостью. Поэтому просочившаяся в него вода проникает на значительную глубину и даже при малом количестве осадков увлажняет толщу песка на 1—1.5 м. При том же количестве осадков глинистая почва смачивается на глубину всего 20—30 см.

Песок слабо капиллярен. И в силу этого бесполезное поверхностное испарение затрагивает в нем лишь самый поверхностный слой на глубину 10—15 см. Глубже песок целиком сохраняет всю влагу до того момента, пока к ней

не доберутся корешки растений и не впитают в себя. При отсутствии растений она образует висячий влажный горизонт и постепенно вытесняется книзу последующими дождями.

Песок в силу крупности своих частиц слабо удерживает влагу. Поэтому последняя почти надело может быть поглощена корнями растений (мертвый запас всего около 1%), между тем как глинистая почва удерживает до 10—15% недоступной для растений влаги.

Песок конденсирует влагу из воздуха. Так, по крайней мере, утверждают некоторые исследователи.<sup>1</sup> Мы не придаем большого значения этому способу обогащения песка влагой, тем более, что уже перечисленных свойств песка в значительной мере достаточно, чтобы разрешить поставленную перед нами задачу — уничтожить бесполезную поверхностную трату воды и напоить ею посаженные в пустыне растения. Даже — больше того. Свойств этих достаточно для того, чтобы в песках нередко накапливалась вполне пресная грунтовая вода, залегающая в более северных районах пустыни на глубине 2—3 м, а в более южных — на глубине 4—10 м. Вода эта является новым дополнительным источником снабжения растений водой. Частично до нее доходят более мощные корни растений, частично она может быть использована для искусственного орошения путем специальных насосных установок, приводимых в действие даровой ветряной энергией, а в дальнейшем, возможно, и солнечной энергией пустыни.

Учтя все указанные особенности различных типов пустыни, первую свою опытно-экспериментальную работу мы развернули именно в песчаной пустыне. Тем более, что по общей своей площади она занимает в СССР около 77 млн. га.

В своей работе пустынные станции Бюро в едином комплексе разрешают три основные задачи, не могущие быть оторванными одна от другой. Это:

1) подбор наиболее засухо- и жароустойчивых сортов растений для разведения в пустыне,

<sup>1</sup> Стенограмма Первой Конференции по конденсации водяных паров воздуха. М.—Л., 1935.



Фиг. 2. Просо без орошения в Приаральской пустыне.

Фот. Е. А. Малюгина.

2) изыскание способов управления развитием растения с целью сокращения их вегетационного периода и повышения урожайности и

3) разработка специальных приемов агротехники, позволяющих управлять водным и питательным режимом почвы.

При этом возникает еще ряд смежных задач, также включаемых в программу работ станций. Таковы: борьба с дефляцией почвы, использование подземных и весенних паводковых вод для искусственного орошения, борьба с вредными легкорастворимыми солями почвы, повышение урожайности и рациональное использование естественных пастбищ, освоение полезных растительных ресурсов пустыни и т. д.

### 3. ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Проведенная за последние три года экспериментальная работа наших пустынных станций с совершенной определенностью показала, что наши теоретические расчеты вполне обоснованы. Особенно показательными в этом отношении являются результаты работ Приаральской станции. Не останавливаясь на деталях, изложенных в особом отчете директора этой станции Е. А. Малюгина,<sup>1</sup> приводим

<sup>1</sup> Е. А. Малюгин. За сельскохозяйственное освоение пустынь. Изд. ВАСХНИЛ, 1935.

только наиболее интересные показатели по урожайности отдельных культур, полученные на неполивном участке этой станции А. М. Ворониной:

*Просо*: 1) Виктория — 14.2 ц, 2) равесистое № 0215 — 14.1 ц, 3) пониклое № 038 — 9.0 ц, 4) комовое № 03 — 7.8 ц, 5) из Челкарского райзо — 5.5 ц на га зерна.

*Сорго*: 1) Early White Kafir из США — 9.3 ц, 2) гаольян восточноказахстанский — 5.6 ц, 3) манчжурский — 3.4 ц на га зерна.

*Подсолнечник*: 1) местный, осеннего посева — 8—12 ц, 2) из Челкарского райзо, весеннего посева — 8.6 ц, 3) зеленка № 76 — 7.0 ц, 4) фуксина № 3 — 6.7 ц на га семян.

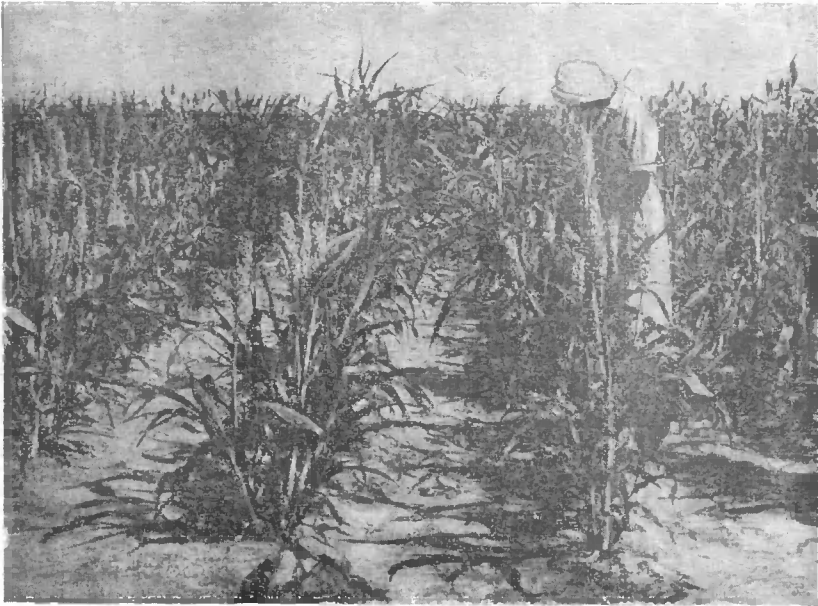
*Сафлор*: 1) из Афганистана — 7 ц, 2) из Туркестана — 6 ц, 3) из Палестины — 4 ц на га.

*Соя*: 1) выделенная из амурской желтой № 307 — 5.5 ц, 2) Харбинское опытное поле № 231-а — 4.7 ц, 3) ВИР № 199 — 4.1 ц на га.

*Арбузы*: 1) Ажиновский — 245 ц, 2) Мурашка Богаевский — 148 ц, 3) Белосемечко — 120 ц, 4) кормовой Азовский пудовик № 201 — 114 ц на га сырых плодов.

Другие культуры: ячмень, негрятинское просо, суданка, люцерна, горчица дали также вполне положительные результаты, позволяющие продолжать с ними начатый, с первого взгляда, как будто весьма рискованный эксперимент.

Правда, в Челкарском районе в 1934 г., когда были получены указанные урожаи, выпало повышенное против нормы количество осадков — 171 мм за год против 120 мм в среднем за 6 лет. Но и это повышенное количество осадков все же остается в пределах пустынной нормы,



Фиг. 3. Американское сорго без орошения в Приаральской пустыне.

Фот. Е. А. Малугина.

отнюдь не разочаровывая нас в полученных результатах. Кроме того, повышенная норма осадков этого года вызвана дождями второй половины июля и начала августа, когда ряд культур находился уже в периоде уборки.

На Репетекской станции интродукционный питомник выделил как перспективные и передал в сортоиспытание: просо развесистое, просо негрятинское, пшеницу и ячмень; из дикарей в качестве кормовых — овсюг и дикие ячмени спонтанный и луковичный; из огородно-бахчевых — редис, арбузы кормовой и столовой. Произведена посадка винограда, инжира, граната и некоторых древесных пород для озеленения.

Но работы Репетекской станции представляют большой интерес в другом отношении. Производя свои экспериментальные работы уже в течение довольно продолжительного времени, станция осветила ими ряд теоретических вопросов и тем самым в значительной мере помогла нам разработать изложенную выше схему генерального наступления на наши пустыни.

Особенный интерес среди этих теоретических работ представляют работы по изучению экологической структуры

пустынных растений и факторов их жаро- и засухоустойчивости (работы Ардыховского, Радкевич, Петрова, Василевской и, в особенности, Кокиной). Изучение этих вопросов представляет интерес не только с точки зрения общих вопросов засухоустойчивости пустынных растений, но также и с точки зрения познания особенностей и свойств жаро- и засухоустойчивости культурных растений, могущих произрастать в пустыне. Проведенными исследованиями были охвачены почти все виды древесно-кустарниковой растительности и главнейшие травянистые растения. Результаты исследований С. И. Кокиной<sup>1</sup> показали, что по количеству расходуемой воды растения пустынь резко разделяются в зависимости от почвенных условий на несколько групп. Растения подвижных песков обладают в течение всего вегетационного периода значительно более высокой транспирацией, чем растения заросших песков (белые и черные саксаульники). Весь летний период растения

<sup>1</sup> С. И. Кокина. Водный режим и факторы засухоустойчивости растений песчаной пустыни Каракум. Проблемы растений. освоения пустынь, вып. 4, 1935.

пустыни Каракум живут в условиях недостаточного водоснабжения и атмосферной засухи, не обнуравивая при этом значительной депрессии в развитии, хотя водный дефицит у них непрерывно нарастает от весны к осени.

Транспирация имеет в условиях пустыни большое экологическое значение. Казалось бы, что чрезмерная солнечная радиация в пустыне в летние месяцы должна неблагоприятно действовать на нежные ассимиляционные органы растений, вызывая ожоги и т. п. Однако, как показали наблюдения Соколовской, действие прямых солнечных лучей на растения, благодаря постоянному охлаждению их в результате транспирации, повышает температуру ассимиляционных органов всего лишь на 0.1—5°. В тени же температура ассимиляционных органов растений ниже температуры окружающего воздуха в среднем на 3°.

Исключительная жаро- и засухоустойчивость пустынных растений обуславливается различными моментами. В подвижных песках это достигается усиленным испарением растений, благодаря наличию в поверхностных горизонтах песка значительных запасов влаги. В других типах местообитания она обуславливается высокой концентрацией клеточного сока. У одних растений последняя зависит от наличия в ассимиляционных органах большого количества воднорастворимых солей, а у других — от увеличения осмотически деятельных растворимых углеводов, пентозанов и аминокислот.

Установление основных закономерностей в развитии растений пустыни Каракумы и изучение их экологических особенностей позволило создать рабочую гипотезу в мероприятиях по возделыванию в пустыне культурных растений и по установлению их ассортимента. Все культурные растения, как и дикорастущие, можно разделить на соответствующие экологические группы. Так, например, ряд ранних огородных культур — редис, редька, репа, лук, салат и т. п., могут быть отнесены к группе ранних эфемеров пустыни, дающих готовый урожай уже в мае. Ряд зерновых культур — ячмень, пше-

ница, просо и т. п., относятся к группе поздних эфемеров, с периодом созревания в начале июня. Бахчевые растения — арбуз, дыня, тыква, помидоры, должны быть отнесены к группе однолетников с длительным вегетационным периодом от ранней весны и до осенних заморозков.

На основании подобного анализа можно с уверенностью говорить о возможности успешного разведения в южных пустынях некоторых ранних огородных культур, имеющих короткий вегетационный период, наиболее засухоустойчивых и скороспелых зерновых культур, а также некоторых бахчевых растений, обладающих способностью к развитию глубоких корневых систем. Возделывание этих растений может производиться без полива, только за счет использования атмосферной влаги, накапливающейся в песках в периоде выпадения зимне-весенних осадков.

Сравнительное изучение водного хозяйства у бахчевых культур и у просовидных показало почти диаметрально противоположность этих культур. Бахчевые характеризуются высокой транспирацией, возрастающей по мере усиления жары и засухи. У просяных, наоборот, высокая транспирация весной резко падает по мере наступления жары и засухи. В то время, как у бахчевых устьица остаются открытыми в течение всего дня, в результате чего происходит завядание листьев, у просяных в жаркие дневные часы устьица полностью закрываются и завядания листьев совершенно не наблюдается. Бахчевые почти не в состоянии развивать высокого осмотического давления, чем прекрасно пользуются просяные, увеличивая этим всасывающую силу корней и уменьшая испарение. При этом у просяных наблюдалась также наиболее высокая температура свертывания белка и отмирания листьев, а именно 66°. В силу этого просяные можно считать наиболее перспективными культурами для пустыни.

Из методов физиологического воздействия на растения испытывались яровизация, химическая стимуляция и фотопериодизм. При опытах с просом оказалось, что намачивание семян в ка-



Фиг. 4. Суданка из сорго без орошения в Приаральской пустыне.

Фот. Е. А. Малаюгина.

лийной селитре без яровизации ускорило созревание по сравнению с контролем на 3—4 дня; яровизация ускорила развитие на 7—8 дней, а намачивание семян в селитре с последующей яровизацией дало ускорение на 12—13 дней по сравнению с контролем.

В условиях Репетекской пустыни ускорение развития на несколько дней часто решает судьбу урожая, как это можно видеть из результатов того же опыта. Контрольная делянка проса с 1 кв. м дала всего 11 г щуплого зерна; с яровизированной же делянки было получено 24 г полновесного спелого зерна, а с делянки, яровизированной после намачивания в селитре, 32 г полновесного зерна. Дело в том, что последние делянки при одновременном посеве (26 марта) достигли полного созревания 7—8 июня, когда в почве еще имелся доступный для растений запас влаги. Контрольный же посев того же срока, из-за запоздания в развитии, засох к 14 июня на стадии молочной и восковой спелости в силу исчерпания всех доступных запасов влаги в почве.

В отношении арбузов выявилось, что предпосевная обработка семян солями бора и парами эфира, а также укороче-

ние дня на первых стадиях развития растения до 9 час., дают хорошие показатели в отношении плодоношения и поведения в периоде длительной летней жары и засухи. Летом 1935 г. в Репетке получены вполне созревшие столовые арбузы в довольно значительном количестве.

Весьма любопытные результаты получаются с озимым севом яровых культур. Осенью почва в песчаной пустыне с поверхности обычно настолько сухая, что посеянные семена не прорастают. Позднее выпадение осадков совпадает с сильным понижением температуры и последующим скорым наступлением зимы. Однако посеянные с осени семена в течение зимы проходят естественную яровизацию и весной не только дают более ранние всходы, но и показывают более ускоренное развитие. Положительный эффект при этом дают не только зерновые злаки, но даже и такие растения, как подсолнечник и сафлор.

В целях борьбы с дефляцией песка и засеканием всходов, а также в целях улучшения водного баланса, на станциях проводится разработка и испытание различных новых приемов агротехники. К числу таковых относится уста-

новка рядовых защит в виде заборчиков из сухой травы и веток, предохраняющих песок от перевевания, а также накапливающих снег. На ряду с этим ведутся работы по различным способам мульчирования.

На Репетекской станции М. П. Петровым при посеве арбузов подвергалась испытанию обыкновенная бумажная мульча и покрытие почвы сухими стеблями рогоза. Покрытие почвы бумажной мульчей показало положительный эффект в смысле сохранения влаги в почве и повышения урожайности. Но способ этот не оправдывает себя в виду дороговизны и трудности ухода за мульчей. Покрытие же почвы сухими стеблями рогоза дало отрицательное влияние на развитие арбузов, несмотря на некоторое улучшение водного режима почвы. Причина отрицательного влияния этого способа кроется, повидимому, в большем перегреве почвы в дневные часы (на 6—8°) и в соответствующем более сильном охлаждении почвы в ночные часы.

На Приаральской станции совместно с Агрофизическим институтом акад. А. Ф. Иоффе поставлен интереснейший опыт с покрытием песка битумной эмульсией. Опыт проводился Н. Г. Захаровым под общим руководством Н. Н. Банасевича. Эмульсия изготовлялась лабораторным путем, причем бралось: битума № 1—50%, воды—47% и различных эмульгаторов и катализаторов 3%. Приготовленная эмульсия разбавлялась различными пропорциями воды и разбрызгивалась после посева обычным опрыскивателем. В результате на поверхности почвы образовалась пленка в 1.5—2.0 мм толщиной, очень эластичная и довольно прочная.

Битумная пленка совершенно свободно пробивалась всходами посейных перед ее нанесением растений (просо, чина, арбузы). Она легко пропускала через себя влагу выпадавших атмосферных осадков. Но вместе с тем, она оказалась настолько прочной, что не повреждалась при ходьбе по ней в мягкой обуви и выдержала ураганный ветер, скоростью до 21 м в секунду. Всходы по пленке совершенно не засекались песком, не страдали от ожогов, и все развитие растений в дальнейшем про-

текало в более лучших условиях. В частности, влажность песка в его поверхностных горизонтах под пленкой держалась на 1—2% и даже до 3% выше, нежели на контрольном участке без пленки. Это, повидимому, находится в связи с некоторым замедлением испарения.

Особенно интересным оказалось то, что эмульсия, несмотря на свой черный цвет, умеряла резкие колебания температуры. Вместо ожидавшегося опасного перегрева в жаркие солнечные дни температура на поверхности пленки держалась на несколько градусов (до 7—9°) ниже, нежели на поверхности чистого песка. В пасмурные и облачные дни температура на пленке, наоборот, давала более высокие показатели. На глубине 5—20 см температура песка под пленкой круглые сутки держалась выше на 1—3° по сравнению с контролем.

Битумизация песка, повидимому, будет иметь большое значение и в условиях Каракумов. С весны 1936 г. опыт битумизации ставится в более широких размерах также на Репетекской станции.

Разрешая, таким образом, весь сложный комплекс научно-исследовательских задач, связанных с продвижением растениеводства в совершенно новую обстановку, мы на наших станциях не могли обойти и проблему новых методов орошения. При этом мы ориентируемся на использование тех водных ресурсов пустыни, о которых нами упомянуто уже выше, но которые до сих пор у нас в Союзе оставались совершенно нетронутыми, а именно—на использование грунтовых вод. На Репетекской станции сейчас установлено два ветряных двигателя для орошения из колодцев при глубине грунтовых вод 4—6 м. Полив здесь будет иметь особое значение при разрешении вопросов озеленения и создания плодовых насаждений. При имеющейся глубине грунтовых вод в 4—5 м взрослые деревья с мощной корневой системой могут пользоваться влагой из капиллярно-увлажняемого слоя песка. Но для того, чтобы проникнуть на эту глубину, молодому растению необходимо преодолеть недостаточно увлажненную толщу песка. Периодический полив в течение 2-3 лет





Фиг. 5. Освизмый посев подсолнечника без орошения в Приаральской пустыне.

Фот. Е. А. Малюгина.

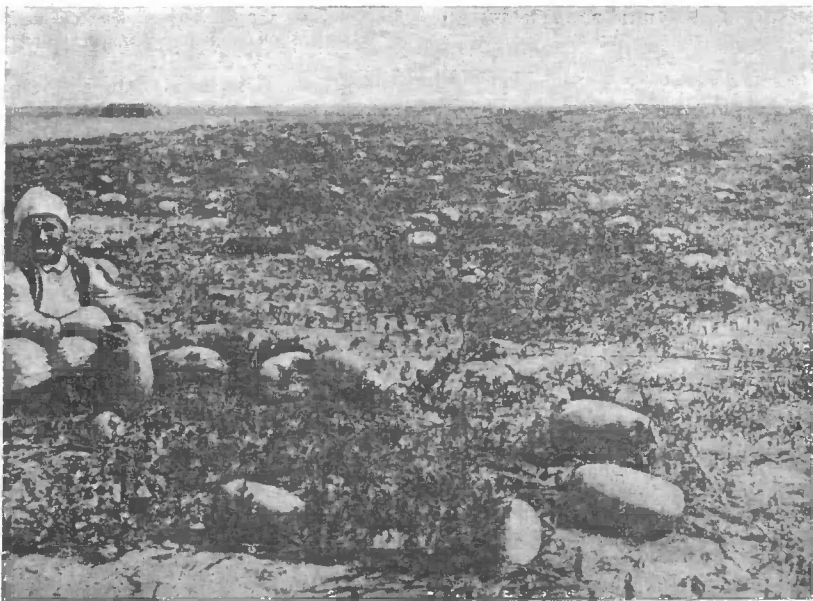
поможет деревьям и кустарникам преодолеть эту преграду, после чего дальнейший полив, возможно, не понадобится.

Особенно большие перспективы использования грунтовых вод имеются в северных песчаных пустынях, в частности в Приаральских Каракумах, Больших Барсуках, в южной половине Аулиеатинских Моюнкумов, в части Прибалхашских песков и т. д. Здесь мы имеем почти неограниченный дебет совершенно пресных грунтовых вод, часто залегающих на глубине всего 1—3 м. При этом даровой ветровой энергии также имеется почти неограниченное количество. Ближайшей задачей является поэтому широкое изучение этого приема орошения и применение его не только для озеленения, но и для создания в пустыне устойчивого плодово-овощного хозяйства. По предварительным расчетам один ветряной двигатель может оросить за сезон около 2—3 га прилегающей площади.

На Приаральской станции орошение производится также за счет использования вод поверхностного стока с соседних Мугоджарских возвышенностей. При этом в песчаной белопольной пустыне прекрасную вызреваемость по-

казали овощные культуры. Особенно хорошие результаты дали помидоры, урожай которых, при высоких качествах плодов, колеблется по отдельным сортам от 155 до 200 ц на га. Арбузы дают урожай в 200—400 ц, дыни 100—200 ц, тыквы 200—300 ц на га. Прекрасно идут лук репчатый, свекла столовая, морковь, картофель, капуста и др. Из новых культур испытывались тыквы мозговые (130 ц), физалис мексиканский (100 ц), редьки японские (100 ц), чуфа (100 ц) и т. д.

Предварительные данные по разведению некоторых овощных культур (арбузы, дыни, огородные культуры) на песках Каракум при условии полива также показывают вполне удовлетворительную урожайность, не уступающую урожайности этих же культур в оазисах. При этом, однако, следует отметить, что широкое развитие поливных культур невозможно без соответствующей технической базы по водоснабжению. Существующая в пустыне сеть колодцев, их техническое состояние и способы эксплуатации совершенно не соответствуют методам социалистического хозяйства. В первую очередь необходимо приступить к реконструкции колодцев с целью увеличения их дебета и



Фиг. 6. Арбузы без орошения в Приаральской пустыне.

Фот. Е. А. Малаюгина.

общих запасов пресных грунтовых вод. Вслед за этим должны быть разрешены приемы механизации водоподъема путем установления ветряных двигателей.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

„В настоящее время еще преждевременно преподносить законченные рецепты хозяйственного освоения тех или иных пустынных и полупустынных территорий, так как для этого нет еще достаточного опыта и наблюдений. Проблема только поставлена, но темпы социалистического строительства требуют быстрее ее разрешения. Теория должна опережать практику, намечать для нее пути и методы развития. В процессе выполнения задач второй пятилетки освоение пустынь выдвигается как одна из важнейших проблем для национальных восточных республик. Это заставляет сельскохозяйственную науку своевременно и углубленно ее проработать“<sup>1</sup>

Так писали мы в начале деятельности тогда только-что организованного Бюро пустынь — в 1932 г. Теперь, после

<sup>1</sup> Р. И. Аболин и Б. Н. Семевский. Основные пути с.-х. освоения пустынь. Соц. растениеводство, № 3, изд. ВИР, 1932.

трех лет работы, мы уже в состоянии давать если еще и не вполне законченные рецепты по освоению пустынь, то во всяком случае уже ряд весьма ценных практических указаний по многим актуальнейшим хозяйственным вопросам в этой области.

Правильная марксистско-ленинская теория и горячий энтузиазм молодых работников помогли нам не только поставить проблему, но и значительно уже приблизиться к ее разрешению.

Кроме продолжения исследовательской работы на существующих пустынных станциях и продвижения в производство уже полученных результатов, мы считаем одной из ближайших задач распространение нашей работы также на полупустынные области СССР. В связи с более благоприятными климатическими условиями полупустыни работа здесь на фоне уже имеющихся достижений представляется нам гораздо более легкой, а вместе с тем и гораздо более эффективной. Полупустыни занимают огромнейшие площади в Западном Казакстане, Калмыцкой республике и плоскогорном Дагестане. Продвижение растениеводства в эти животноводческие районы для укрепления кормовой

базы и создания потребительского земледелия имеет широкие перспективы уже в ближайшие годы. Опорными точками исследовательской работы здесь должны явиться существующие животноводческие совхозы и организуемые хаты-лаборатории при колхозах.

— Нет такой земли, которая бы в умелых руках при советской власти не могла быть повернута на благо человечества, — таков завет незабвенного С. М. Кирова,<sup>1</sup> крепко воспринятый нашими энтузиастами по освоению пустынь.

#### Л и т е р а т у р а

1. Р. И. Аболин и Б. Н. Семевский. Основные пути с.-х. освоения пустынь. Соц. растениеводство, 1932, № 3, изд. ВИР.
2. В. М. Арциховский. Рост саксаула и анатомическое строение его ствола. Тр. по пр. бот., XIX, 4, 1928.
3. И. М. Васильев. Водное хозяйство растений песчаной пустыни Каракумы. Тр. по пр. бот., XXV, 3, 1931.
4. С. И. Коккина. Водный режим и факторы засухоустойчивости растений песчаной пустыни Каракумы. Проблемы растен. освоен. пустынь, в. 4, 1935.
5. Е. А. Малюгин. За сельскохозяйственное освоение пустынь. Изд. ВАСХНИЛ, 1935.
6. М. П. Петров. Корневые системы растений песчаной пустыни Каракум, их распределение и взаимоотношения в связи с экологическими условиями. Тр. по пр. бот., сер. I, в. I, 1933.
7. — Экологический очерк растительности Репетекского заповедника песчаной пустыни. Проблемы раст. осв. пустынь, в. 4, 1935.
8. О. Н. Радкевич и В. К. Васильевская. Анатомио-экологическая характеристика кормовых растений пустыни Каракумы. Сб. „Хоз. осв. пустынь“, Ташкент, 1934.
9. Проблемы растениеводческого освоения пустынь. Под ред. Р. И. Аболина и др. Бюро пустынь ВИР, Вып. I, II, III, IV, 1933—1935.
10. Растительные ресурсы Туркмении. Под ред. Р. И. Аболина. Изд. ВАСХНИЛ, 1935.

## НОВОСТИ НАУКИ

### ФИЗИКА

**Определение антиокислительных свойств кровяной сыворотки по методу тушения флуоресценции.**<sup>2</sup> Согласно современным представлениям целый ряд заболеваний связан с изменением процессов окисления в организме. Это, в первую очередь, относится к заболеваниям раком и туберкулезом. По мнению Roubaix, производившей исследования в лаборатории проф. Maisin в Лувене, самая возможность появления рака связана с уменьшением внутриклеточного окисления и увеличением гликолиза. Воспользовавшись методом, указанным в моей предыдущей статье,<sup>3</sup> Ch. Achard, A. Boutaric и J. Vouchard попытались исследовать антиокислительные свойства сыворотки у здорового человека и у людей, больных разными болезнями.<sup>4</sup> Их исследования показали, что свежая сыворотка, взятая у здоровых людей, как и у людей, больных сердечными расстройствами, ревматизмом, менингитом, нервными болезнями, нефритом, диа-

бетом и сифилисом, не обладает антиокислительными свойствами, т. е. не тушит флуоресценцию.

Напротив, сыворотка, взятая у больных туберкулезом легких, обладает тушащими свойствами, и достаточно ввести во флуоресцирующий раствор небольшое количество такой сыворотки, чтобы интенсивность люминисценции уменьшилась на 10—20%. Еще более значительными тушащими свойствами обладает сыворотка больных раком. Авторы испытали до 19 больных раком и во всех случаях получили положительный результат, причем интенсивность флуоресценции при введении сыворотки падала до 0.90—0.65 первоначальной.

Изложенные опыты указывают с полной очевидностью, что сыворотка, взятая у больных туберкулезом и раком, содержит в себе какие-то антиокислительные субстанции, вследствие чего процессы окисления в организме у этих больных несколько затрудняются.

Б. Свешников.

### ГЕОЛОГИЯ

**Необычные оползневые явления района трассы Ачинск — Енисейск.** В период геологических исследований вдоль трассы Ачинск — Енисейск пришлось ознакомиться с одним очень интересным явлением, называемым по местному „взрывами“, которые представляют собой своеобразные периодические повторяющиеся оползни.

Наиболее крупный „взрыв“ нашего столетия произошел в конце лета 1909 г. по Большому Кемчугу в 5 км выше села того же названия. Обрушившаяся масса образовала яр длиной

<sup>1</sup> С. К и р о в. Речь на первом съезде колхозников-ударников Ленинградской области и Карелии 12 марта 1933 г. Ленпартиздат, Л., 1933, стр. 36.

<sup>2</sup> Ch. Achard, A. Boutaric et A. J. Vouchard. C. R. 199, 903 (1934).

<sup>3</sup> См. статью „Сравнение антиокислительных свойств алкалоидов и геналкалоидов по методу тушения флуоресценции“. Природа, 1935 г., № 11, стр. 76.

<sup>4</sup> Для получения физиологического раствора к водному раствору флуоресценции добавлялось соответствующее количество NaCl.

в  $\frac{1}{2}$  км, высотой 40 м; глубина фронта оползня, по видимому, равнялась 100—200 м. Река была запружена так, что изменила русло и вызвала наводнение в с. Большой Кемчуг. Не совсем размытые останцы этого оползня наблюдались летом 1934 г.

В таких масштабах „взрывы“ проявляются сравнительно редко. Чаще обрушиваются менее значительные рыхлые массы, и тогда, в зависимости от масштабов, навывают это явление, представляющее собой геологический процесс равнинных яров под влиянием деятельности подземных вод, или „взрывом“ или „оплывиной“.

По месту своего проявления оползни приурочены к правой стороне долины Большого Кемчуга, Кеми и Малой Белой, где относительные высоты достигают, а иногда и превышают, 50 м. Затухание оползней наблюдается в водосборах Менделя, Малой и Большой Кетей.

А. Раюзин.

### Геохимия

**Растворимость золота в слабых растворах  $\text{FeSO}_4$ .** Для правильного понимания вторичных процессов, происходящих в золотых месторождениях, в частности процессов растворения и осаждения вновь частиц золота, надо учитывать возможные растворители золота.

Пирит, который очень часто сопутствует золоту, окисляясь, дает  $\text{FeSO}_4$ . Растворы феррисульфата могут действовать растворяющим образом на золото и служить переносчиками его. Для проверки этого, положения Мильнером (Дальхузи-университет, Галифакс, США) были проделаны опыты травления шлифов, содержащих видимое золото, растворами  $\text{FeSO}_4$  при различных температурах. Оказалось, что при 70—80° золото довольно заметно растворяется в  $\text{FeSO}_4$ . Небольшая прибавка  $\text{H}_2\text{SO}_4$  увеличивает растворимость. При более низкой температуре растворение идет гораздо медленнее.

Определение золота производилось микрохимически с помощью 10% раствора пиридина в 40% НВг. Раствор дает с золотом блестящие желтые игольчатые кристаллы.

**Коренное месторождение осмистого иридия.** До настоящего времени были известны и подробно описаны в капитальных трудах Л. Дюпарка, А. Н. Заваридного и Н. К. Высоцкого только два вида коренных месторождений платиновых металлов на Урале: дунитовые и пироксенитовые. Можно было только догадываться, что существуют месторождения и в третьем поясе ультраосновных интрузий — перидотитах, так как в россыпях вблизи перидотитовых массивов встречались металлы платиновой группы, главным образом в виде осмистого иридия с примесью самородной платины.

Уральский геолог А. А. Иванов задался целью найти и изучить коренное месторождение осмистого иридия в перидотитах (змеевиках, получившихся путем вторичных изменений перидотитов). Это А. А. Иванову блестяще удалось. В своем сообщении, напечатанном в вып. I Трудов треста „Золоторазведка“ (изд. Главзолото, 1935), он сообщает, что в 7 км от ст. Анатольской

Пермской ж. д. (между Свердловском и Тагилом) был разведан участок, находящийся в центре огромного перидотитового массива, вытянутого в меридиональном направлении. Съемка произведена на площади 7 кв. км, причем обнаружено, что в местах, богатых хромитом, перидотиты (озмеевикопаные) содержат осмистый иридий в весьма рассеянном состоянии.

Месторождение непосредственно промышленного интереса не представляет.

О. Е. Зялинцев.

### БИОЛОГИЯ

#### Зоология

**Государственный выхухольевый заповедник в Воронежской области.** Выхухоль (*Desmana moschata*) — по простонародному названию „хохуля“ — очень ценный зверь, но вымирающий в значительной мере из-за его истребления; сохранился он лишь в СССР. Охота на него у нас, как известно, запрещена повсеместно, это, однако, не мешает браконьерам вести довольно усиленное хищническое истребление этого ценного пушного зверька, так как шкурка его пользуется громадным спросом, а при цене в 3—4 руб. и при весьма легком способе добычи является для охотника весьма рентабельный шкуркой.

У нас, в СССР, выхухоль сохранилась сейчас только в юговосточной части европейской территории (бассейн Волги, частью Дона и Урала). Отдаленный родственник выхухоли сохранился в Пиринеях (*Galemys pyrenaicus*). Некоторые отождествляют с выхухолью грызуна — ондатру, в большом количестве водящуюся в Сев. Америке и в настоящее время акклиматизированную в Западной Европе и многих северных районах СССР, но это отождествление в корне неверно, так как ничего общего, кроме легкого мускусного запаха, у выхухоли и ондатры не отмечается; к тому же первая принадлежит к отряду насекомоядных, а вторая — грызунов. Интересующимся биологией выхухоли можно указать на очерки А. А. Парамонова: „Русская выхухоль“ (журн. „Охотник“ за 1927 г., № 9), „Некоторые данные по биологии и охране выхухоли“ (Русский гидробиологический журнал за 1926 г., том V), также — С. И. Огнев, „Звери Восточной Европы“, том I.

Отделом охраны природы при Наркомпросе РСФСР производилось обследование мест обитания выхухоли: в 1925 и 1926 гг. — в бывш. Пензенской губ., и в 1926 г. — в бывш. Тамбовской и Воронежской губ.

Результаты этих обследований показали, что в пределах бывш. Воронежской губ. выхухоль обитает еще в довольно большом количестве и что она может со временем послужить объектом правильного охотничье-промыслового хозяйства при условии прекращения ее хищнического истребления, причем установлено также, что охрана выхухоли — этого весьма ценного для народного хозяйства и весьма интересного для науки животного — ведет к увеличению его численности.

В связи с этим и в виду угрозы исчезновения выхухолы вследствие истребления на всей площади ее обитания, на основе директив Комитета по заповедникам при Президиуме ВЦИК, и организован постановлением Президиума Воронежского облисполкома от 4 июля 1935 г. на территории Новохоперского, Верхне-Карачанского и Борисоглебского районов Воронежской обл. Государственный Хоперский выхухольный полный заповедник. Заповедник расположен по покрытой лесом пойме р. Хопер, вверх от с. Алферовки Новохоперского района и до села Никандровки Борисоглебского района (несколько выше этого села). В границы заповедника входят: 30 лесных кварталов Варваринского участка Новохоперского лесхоза, 10 кварталов Васильевского участка Карачанского лесхоза и 44 квартала Калмыцкого участка Теллермановского лесхоза. Общая площадь заповедника — 18 000 га. Вокруг заповедника создана охранная зона. На территории заповедника запрещено проведение мероприятий, вредящих сохранению выхухолы и других охотничье-промысловых объектов. Все виды прочего хозяйственного использования лесных и других угодий заповедника, как то: рыбная ловля, пастьба скота, сенокосение, уборка сухостоянного и валежного леса, может производиться с разрешения Комитета по заповедникам при Президиуме ВЦИК.

Выбор мест для заповедника произведен вполне удачно: площадь его изобилует неглубокими пойменными озерами — „старицами“, с проточной или малопроточной водой, заросшими от берегов тростником и осокой; берега этих озер густо заросли черемухой, шиповником и другими кустарниками.

Надо надеяться, что со временем в результате организации заповедников выхухоль будет так же многочисленна, как это было 50 лет назад, и тогда окажется возможным плановое промысловое использование этого ценного пушного зверька.

Н. Волин.

### Гидробиология

**Соленое грязевое озеро в Днепропетровской области.** Около хут. Спартак Новомосковского района Днепропетровской области есть соленое грязевое озеро площадью в 400 га.

Соленость озера оказалась очень высокой: хлор — 11.112 г/л, карбонатная  $\text{CO}_2$  — 1.735 г/л, бикарбонатная  $\text{CO}_2$  — 2.300 г/л, рН — больше 9.02 (определила Л. С. Капиталева).

В озере образуется много грязи, на лечебное значение которой еще в 1898 г. обратил внимание геолог Домгер. Исследования Днепропетровского отдела здравоохранения в 1927 г. установили полезное действие грязи озера при лечении ревматизма, гинекологических болезней и подагры. Во время моего посещения озера 23 VI 1935 г. я обратил внимание на большое количество сгустков водорослей, находящихся больше всего на дне, которые и были взяты для определения. Из водорослей в сгустках были найдены (определил М. А. Гордиенко): *Oscillatoria* и *Nitzschia fasciculata*, *Spirulina*, *Microcystis*, *Navicula*, *Chlamydomonas*, *Colacium*. Из них *Spirulina* образует скопления, а *Colacium* в большом количестве находится не только на дне, но ею почти целиком покрыты живые рачки — *Moina rectirostris*. Среди водорослей осталась неопределенной какая-то масса с жировыми каплями. Возможно, что это размельченная *Colacium*, которая вместе с *Spirulina* и другими водорослями и остатками животных в результате их гниения и биохимических процессов образуют имеющуюся массу лечебной грязи. Верхние слои грязи состоят из массы отмерших и живых водорослей, остатков *Diatomus* и *Moina*. Нижние слои серой на цвет грязи состоят из отмерших мелких частей водорослей, песка и остатков *Crustacea*.

Зоопланктон озера чрезвычайно характерный. Качественно он состоит из двух форм: *Diatomus spinosus* var. *faddeevi* и *Moina rectirostris*, которые найдены в массе. *Diatomus spinosus* var. *faddeevi* — первая находка на Украине. Оба найденные вида в озере могут служить индикаторами степени солености воды. Так, в восточной, более соленой, части озера на 10 л воды я насчитывал *Diatomus spinosus* v. *faddeevi* 1000 экземпляров, *Moina rectirostris* — 2750, а в средней, менее соленой, части на 10 л воды *Diatomus spinosus* v. *faddeevi* было 400 экз., а *Moina rectirostris* 1420.

По своему химическому составу, фауне и флоре озеро представляет своеобразный, щелочный, континентальный, соленый водоем, а по ценности своей грязи озеро в ближайшем будущем займет почетное место среди курортов Украины.

Г. Мельников.

Январь 1936 г.

Напечатано по распоряжению Академии Наук СССР

Непременный секретарь академик Н. Горбуню.

Ответственный редактор академик А. А. Борисьяк.

Зам. ответственного редактора проф. Я. М. Урановский.

Члены редакционной коллегии { Акад. С. И. Вавилов, акад. Б. А. Келлер, акад. Н. С. Курнаков, проф. А. Ю. Харит, проф. Ю. Ю. Шаксель (Prof. Dr. J. Schakel).

Ответственный секретарь редакции М. С. Королюцкий.

Технический редактор А. Д. Покровский. — Ученый корректор А. А. Мирошников.

Обложка работы А. А. Ушина.

Сдано в набор 5 декабря 1935 г. — Подписано к печати 23 января 1936 г.

Ленгорт № 3502. — Бум. 72 × 110 см. — 7 печ. листов. + портрет. — 72 800 тип. зн. в л. — Тираж 7500. АНИ № 1104. — Заказ № 3076.

Типография Академии Наук СССР. Ленинград, В. О., 9 линия, 12.

# СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА „ПРИРОДА“ ЗА 1935 г.

(Римские цифры обозначают номера выпусков)

## Статьи<sup>1</sup>

ОБЩИЕ СТАТЬИ		Стр.	Стр.
<i>Академия Наук СССР — товарищу Сталину и товарищу Молотову.</i> XI . . . . .	1	<i>Залькинд, Ю. С., проф.</i> Изотопы водорода и кислорода в органических соединениях. III . . . . .	7
<i>Васильев, С. Ф.</i> Наука в буржуазном обществе. VI . . . . .	1	<i>Звягинцев, О. Е., проф.</i> К геохимии платины. XII . . . . .	30
<i>Восемнадцатая годовщина Великой Социалистической революции.</i> XI . . . . .	4	<i>Комаров, В. А.</i> Материалы по теории каталитического синтеза аммиака. VII . . . . .	14
<i>К задачам науки в 1935 году.</i> I . . . . .	3	<i>Комаров, В. А.</i> Синтетический каучук. IV . . . . .	1
<i>Сергей Миронович Киров.</i> I . . . . .	1	<i>Никитин, Л. В.</i> Звукоэлектрохимические явления. VII . . . . .	9
<i>Праздник труда, борьбы и побед.</i> V . . . . .	1	<i>Птицын, Б. В.</i> Успехи потенциометрического объемного анализа. IX . . . . .	29
<b>МАТЕМАТИКА</b>			
<i>Бернштейн, С. Н., акад.</i> О математических работах П. А. Чебышева (1821—1894). II . . . . .	1	<i>Ферсман, А. Е., акад.</i> Геоэнергетические проблемы. Очерк I. Энергия иона. IX . . . . .	17
<b>АСТРОНОМИЯ</b>			
<i>Герасимович, Б. П., проф.</i> Кальций в межзвездном пространстве. I . . . . .	9	<i>Фрицман, Э. Х.</i> Тяжелая вода. VI . . . . .	30
<i>Днепроvский, Н. И., проф., и Е. В. Миляновский, проф.</i> Международные определения долгот и их роль в решении тектонических проблем. IX . . . . .	1	<b>ГЕОЛОГИЯ</b>	
<i>Орлов, С. В., проф.</i> Строение головы кометы. III . . . . .	1	<i>Заславский, И. И., проф.</i> К вопросу о составе Земли и Венеры. VI . . . . .	17
<b>ФИЗИКА</b>			
<i>Альтберг, В. Я., проф.</i> О комплексе процессов теплообмена, теплоотдачи и ледообразования. II . . . . .	7	<i>Красковский, С. А.</i> Геометрические измерения в медных рудниках у Верхнего озера. V . . . . .	18
<i>Альтберг, В. Я., проф.</i> Природа жидкости. XI . . . . .	16	<i>Личков, Б. Л., проф.</i> К вопросу о морских течениях прошлого земли. IV . . . . .	6
<i>Вавилов, С. И., акад.</i> Фотометрический метод гашения и его применения. XII . . . . .	8	<i>Обручев, В. А., акад.</i> Земля Санникова. XI . . . . .	20
<i>Данков, П. Д.</i> Природа полированной поверхности. VIII . . . . .	1	<i>Сумин, М. И.</i> К вопросу о деградации вечной мерзлоты. I . . . . .	15
<i>Калитин, Н. Н., проф.</i> Солнечная радиация. VII . . . . .	1	<b>ПОЧВОВЕДЕНИЕ</b>	
<i>Крутков, Ю. А., проф.</i> О волчке и его технических применениях. VIII . . . . .	9	<i>Бродский, А. Л., проф.</i> Современное состояние вопроса о роли простейших в почве. I . . . . .	30
<i>Мысовский, Л. В., проф.</i> Эффект Ферми. VI . . . . .	23	<i>Голлербах, М. М.</i> Водоросли и почва. II . . . . .	38
<i>Остроумов, Б. А.</i> Новое определение скорости света. XI . . . . .	11	<i>Ковда, В. А. и С. Н. Селяков.</i> Селитряные солончаки в Средней Азии. V . . . . .	22
<b>ХИМИЯ</b>			
<i>Гютти, Г. Ф., проф.</i> (Prof. Dr. Gustav F. Hütting, Prag). Термодинамическое значение равновесной упругости у систем типа XY (тверд.) $\rightleftharpoons$ X (тверд.) + Y (газообразн.). V . . . . .	9	<i>Седлецкий, И. Д.</i> Кристаллическая природа почвенных коллоидов и обменные реакции катионов и анионов в почвах. I . . . . .	22
<i>Данилов, С. Н., проф.</i> Молекулярные веса высокополимерных веществ. XII . . . . .	16	<b>БИОЛОГИЯ</b>	
		<b>Биохимия</b>	
		<i>Вадимов, В. М.</i> О некоторых биологических свойствах актинированной воды. IV . . . . .	13
		<i>Садиков, В. С., проф.</i> Белковые вещества, их свойства и проявления. XI . . . . .	26
		<i>Садиков, В. С., проф.</i> Биогеохимическая работа бактерий моря. II . . . . .	12

<sup>1</sup> Размещение материала по схеме классификации наук соблюдено не везде строго: при малочисленности статей по той или другой дисциплине статьи эти включались в разделы смежных дисциплин.

## Ботаника

- Любименко, В. Н., *акад. УАН.* К теории процесса приспособления в растительном мире. II. О приспособлениях к напряженности и спектральному составу света. III . . . . . 23
- Любименко, В. Н., *акад. УАН.* К теории процесса приспособления в растительном мире. III. О приспособлениях роста и развития к световому режиму. XII . . . . . 44
- Холодный, Н. Г., *акад. УАН.* К физиологии прорастания семени. IV . . . . . 25

## Экспериментальная морфология

- Светлов, П. Г. Учение об „организаторах“ и теории развития. I . . . . . 46
- Филатов, В. П., *проф.* О пересадке роговой оболочки при бельмах. VI . . . . . 48

## Физиология

- Абрамсон, Б. П. Современное состояние учения о переливании крови. VII . . . . . 34
- Аршавский, И. А., *доц.* Проблема нейрогормональной регуляции на XV Международном физиологическом конгрессе. X . . . . . 38
- Асратян, Эврас. Доклады по физиологии центральной нервной системы на секционных заседаниях [XV Международного физиологического конгресса]. X Аствацатуров, М. И., *проф.* О сущности „подсознательного“ в свете данных неврологии. XII . . . . . 24
- Виноградов, М. И., *проф.* Физиология труда на XV Международном конгрессе физиологов. X . . . . . 59
- Вогралик, В. Г. Очерк учения о физиологической корреляции в организме. XI Гершуни, Г. В. Теория слуха в свете современных электрофизиологических исследований. VIII . . . . . 45
- Залкинд, С. Я. Проблема митогенетического излучения. III. Биологическое действие митогенетических лучей. Теория митогенетического эффекта. III . . . . . 23
- Зеленый, Г. П., *проф.* Сравнительно-физиологические данные к вопросу о способах образования функциональных мозговых связей. II . . . . . 36
- Коштоянц, Х. С., *проф.* О некоторых химических превращениях в онтогенезе животных. II . . . . . 30
- Крепс, Е. М., *проф.* XV Международный физиологический конгресс и эволюционная физиология. X . . . . . 27
- Лебединский, А. В. Вопросы физиологии органов чувств на XV Международном конгрессе физиологов. X . . . . . 34
- Лебединский, А. В. Роль центральной нервной системы в процессе темновой адаптации глаза. IX . . . . . 51
- Меркулов, В. А. Профессор Э. Д. Эдриан (E. D. Adrian). X . . . . . 36
- Орбели, Л. А., *акад.* Боль и ее физиологические эффекты. XII . . . . . 63
- Орбели, Л. А. *акад.* О функциях мозжечка. VII . . . . . 64
- Перельман, Л. Р., *проф.* Эндокринология на XV Международном физиологическом конгрессе. X . . . . . 29

- Русинов, В. С. Нервно-мышечная физиология на XV Международном конгрессе физиологов. X . . . . . 42
- Савич, В. В., *проф.* Эндемический зоб. III . . . . . 49
- Ухтомский, А. А., *акад.* На Пятнадцатом Международном конгрессе физиологов. X . . . . . 1
- Харит, А. Ю., *проф.* Биохимия на XV Международном физиологическом конгрессе. X . . . . . 57

## Генетика

- Канаев, И. И. Генетика и эмбриология папиллярных рисунков человеческих пальцев. IV. . . . . 37

## Зоология

- Догель, В. А., *проф.* Происхождение многоклеточности. II . . . . . 19
- Мордвилко, А. К., *проф.* Тли; циклы поколений и их эволюция. XI . . . . . 34
- Павловский, Е. Н., *проф.* Насекомые и клещи — переносчики фильтрующихся вирусов. XII . . . . . 54
- Сергеев, А. М. О необратимости эволюции. XII . . . . . 36
- Шванвич, Б. Н., *проф.* Внутренняя секреция у насекомых. IV . . . . . 33
- Шмидт, П. Ю., *проф.* Наследственность и происхождение пород золотой рыбки. (К вопросу о пластичности животного организма.) V . . . . . 29
- Штегман, Б. К. Механика полета птиц. VI . . . . . 39
- Штегман, Б. К. Адаптивные типы птичьего крыла. VIII . . . . . 31

## Микробиология

- Зильбер, Л. А., *проф.* О симбиозе фильтрующихся вирусов с микроорганизмами (аллобиофория). VIII . . . . . 17
- Имшенецкий, А. А. Современное состояние вопроса о ядре у бактерий. I . . . . . 38
- Пельш, А. Д. Минерализация в донных отложениях как гидрохимический и гидрологический фактор. III . . . . . 16
- Селибер, Г. А. Разложение жиров микроорганизмами. VII . . . . . 19

## ИСТОРИЯ И ФИЛОСОФИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

- Блох, М. А., *проф.* Памяти Карла Шорлеммера. XII . . . . . 86
- Канаев, И. И. Авраам Трамблей. VII . . . . . 57
- Кацнельсон, Э. С. Клеточная теория в ее историческом развитии и в современной биологии. I. От истоков клеточного учения до конца XIX столетия. XII . . . . . 80
- Леммлейн, Г. Г. Первые наблюдения смерчей в Балтике. II . . . . . 51
- Меншуткин, Б. Н., *проф.* Столетие смерти В. В. Петрова. III . . . . . 55
- Россовская, В. А. Дмитрий Иванович Менделеев и вопрос о реформе календаря. VI . . . . . 56
- Россовская, В. А. Метрическая система измерения времен. XI . . . . . 55

<i>Финкельштейн, Е. А., проф.</i> К вопросу о роли А. Вейсмана в развитии учений о наследственности и онтогенезе. I . . . . .	59	<i>Гурьянова, Е. Ф.</i> Командорские острова и их морская прибрежная фауна и флора. XI	64
<i>Фридман, В. Г., проф.</i> Энгельс и закон сохранения энергии. XII . . . . .	1	<i>Звягинцев, О. Е.</i> Изучение Алтая. I . . . . .	65
<i>Хвостиков, И. А.</i> Основные вопросы истории учения о свете. IV. . . . .	48	<i>Зенкович, Б. А.</i> Хищническое истребление мирового стада китов. IV . . . . .	64
<i>Шапаренко, К. К.</i> К вопросу о роли Линнея в развитии ботаники. VII . . . . .	68	<i>Знаменский, Юр. П.</i> Морские водоросли и проблемы их использования. III . . . . .	67
<i>Якимов, В. Л., проф.</i> К истории трипанозом и трипанозомозов. II . . . . .	45	<i>Илличевский, С. О., проф.</i> Растительные ресурсы черноморских заповедников. VI	55
<i>Якимов, В. Л., проф.</i> Столетие открытия чесоточного клеща. II . . . . .	49	<i>Косыгин, А. И.</i> Условия необычно высокого содержания иода и брома в природных растворах. I . . . . .	66

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И  
СТРОИТЕЛЬСТВО СССР**

<i>Аболин, Р. И., проф.</i> Пути и перспективы пустынного растениеводства. XII . . . . .	90	<i>Котов, М. И. и В. З. Целик.</i> Засухоустойчивое кормовое растение серповидная люцерна ( <i>Medicago falcata</i> ). I . . . . .	69
<i>Андреев, В. Н.</i> Искусственная окраска драгоценных и полудрагоценных камней. IX	45	<i>Котов М. И.</i> Дикорастущие полезные растения юга Украины. VII . . . . .	55
<i>Жадин, В. И., проф.</i> Пресноводные промысловые моллюски. VIII . . . . .	41	<i>Линдберг, Г. У.</i> К акклиматизации нерки на Амуре. III . . . . .	74
<i>Знаменский, Юр. П.</i> Морские беспозвоночные и их использование. IX . . . . .	55	<i>Линдберг, Г. У.</i> О нахождении иваси и анчоуса на Камчатке. V . . . . .	47
<i>Линдберг, Г. У., проф.</i> Рыбное хозяйство и малярия. VII . . . . .	44	<i>Николаев, В. И., проф.</i> Корневые соляные озера дельты Волги. V . . . . .	42
<i>Ралль, Ю. М.</i> Княк ( <i>Elymus giganteus</i> ) и его значение в песчаной полупустыне. IX . . . . .	51	<i>Работнов, Т. А.</i> Сибиктэ ( <i>Equisetum variegatum</i> и <i>E. scirpoides</i> ). VIII . . . . .	48
<i>Соболев, С. С.</i> Опыт применения гидрогеологии к вопросу химизации южных песков. V . . . . .	40	<i>Ралль, Ю. М.</i> Древняя степь „Бесъ-Чохо“ в Волжско-Уральских песках. IV . . . . .	55
<i>Фрейман, Л. С.</i> Физические методы изучения уличного шума. V . . . . .	35	<i>Румянцев, Б. Ф. и Н. С. Бутарин.</i> На пути создания новых пород домашних животных. IV . . . . .	61

**ЮБИЛЕИ И ДАТЫ**

<b>ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ СОЮЗА ССР</b>			
<i>Аверинцев, С. В., проф.</i> Баренцево море как питомник промысловых рыб. VII . . . . .	47	<i>Аболин, Р. И., проф.</i> Василий Робертович Вильямс. IX . . . . .	60
<i>Бергман, А. Г., проф., и А. И. Дзенс-Литовский.</i> Соляные богатства Советского Таджикистана. VI . . . . .	52	<i>Белянкин, Д. С., проф.</i> Академик Ф. Ю. Левинсон-Лессинг. I . . . . .	70
<i>Брудин, И. Д.</i> Горючие газы и минеральные воды Южной Украины. III . . . . .	64	<i>Данилов, С. Н., проф.</i> 30-летие научно-педагогической деятельности проф. П. П. Шорыгина. IX . . . . .	67
<i>Брудин, И. Д.</i> Газоносная проблема Азовского бассейна. XI . . . . .	59	<i>Нарикашвили, С. П.</i> Профессор И. С. Бериташвили (Беритов). VIII . . . . .	51
<i>Вульф, Т. Е. и К. К. Хазанович.</i> Ловчоррит, допарит и вдиалит Хибинских и Ловозерских тундр как источники редких земель и металлов. III . . . . .	60	<i>Тихий, М. И.</i> К 50-летию юбилею научной деятельности проф. Н. М. Книповича. II . . . . .	52
		<i>Ушаков, В. Г.</i> Пятидесятилетие Пастеровских прививок против бешенства. VI . . . . .	66
		<i>Христопуло, Е. А.</i> 50 лет науке и обществу. (К юбилею Н. М. Кулагина.) XI . . . . .	73
		<i>Штекер, А. О.</i> Сергей Васильевич Аверинцев. VI . . . . .	72

**Новости науки**

<b>АСТРОНОМИЯ</b>		<i>Видимость в ультрафиолетовой области.</i> VI	75
<i>Атмосферы планет.</i> V . . . . .	49	<i>Действие ультразвуковых волн на фотографическую пластинку.</i> VII . . . . .	77
<i>Наибольшая скорость небесного тела.</i> II . . . . .	54	<i>Диффузия газов через металлы.</i> VIII . . . . .	55
<i>Невидимый звездный свет.</i> IV . . . . .	69	<i>Искусственные кристаллы.</i> VIII . . . . .	54
<i>Новая звезда в созвездии Геркулеса.</i> V . . . . .	56	<i>Искусственное получение мягких космических лучей.</i> V . . . . .	62
<i>Новые исследования падения большого сибирского метеорита 30 VI 1908 г.</i> IX . . . . .	70	<i>Камера Вильсона для исследования космических лучей в стратосфере.</i> III . . . . .	75
<i>Открытие новой ближайшей внегалактической туманности.</i> X . . . . .	73	<i>К вопросу о комбинационных полосах.</i> IX . . . . .	74
<i>Раздвоение Новой Геркулеса 1934 г.</i> IX . . . . .	70	<i>Непосредственное обнаружение вращательного момента у света.</i> IX . . . . .	72
<i>Цвет малых планет.</i> VI . . . . .	74	<i>Новый способ усиления фототоков.</i> IV . . . . .	74
<b>ФИЗИКА</b>		<i>О деполимеризующем действии ультразвуковых волн.</i> V . . . . .	61
<i>Авария американского стратостата „Explo-ger II“.</i> X . . . . .	73	<i>О новых элементах с атомным номером большим 92.</i> II . . . . .	55



Определение антиокислительных свойств кровяной сыворотки по методу тушения флуоресценции. XII . . . . .	104	О шунгите. I . . . . .	75
О скорости света. IV . . . . .	76	Происхождение гелия. V . . . . .	62
Передача по радио из стратосферы сигналов космических лучей. V . . . . .	58	Радиоактивность неодимия и самария. V . . . . .	63
Полет американского стратостата „Exploger“. IV . . . . .	77	Распространенность ртути. II . . . . .	60
Сравнение антиокислительных алкалоидов и геналкалоидов по методу тушения флуоресценции. XI . . . . .	76	Растворимость золота в слабых растворах FeSO <sub>4</sub> . XII . . . . .	105
Элементы с атомным номером большим чем 92. VIII . . . . .	55		

### ХИМИЯ

Алюминий как материал химических аппаратов. VIII . . . . .	56
Гуммирование деревянной аппаратуры. III . . . . .	77
Добывание брома из морской воды. VI . . . . .	76
Изучение высокополимерных органических соединений в растворах. VI . . . . .	77
Новый метод уничтожения туманов. III . . . . .	77
Новый метод в металлургии платины. IX . . . . .	74
Получение красителей из лигнина. VI . . . . .	77
Получение чистого протактиния. I . . . . .	74
Попытка добычи золота из морской воды. VII . . . . .	77
Простой способ точного определения тяжелого изотопа водорода посредством теплопроводности. X . . . . .	74
Свободные радикалы. VI . . . . .	75
Серебро в кадмий. VIII . . . . .	56
Хлоркаучук. XI . . . . .	78

### ГЕОЛОГИЯ

Звучащая сталактитовая пещера. VIII . . . . .	59
К геологии Гиндукуша и Памира. II . . . . .	57
Ледяной покров на соляных озерах. IV . . . . .	80
Метеоритный кратер в Техасе. XI . . . . .	79
Необычные оползневые явления района трассы Ачянск—Енисейск. XII . . . . .	104
Новое в геологии и минералогии Нагольного кряжа. IX . . . . .	76
Новые данные о Киргизском хребте (Тянь-Шань). VIII . . . . .	56
Новый вид геологических обнажений — „колхозные валуны“. VIII . . . . .	58
Особый вид четвертичных отложений, генетически связанный с деятельностью современных грязевых вулканов. II . . . . .	56
Пыльные бури в Соединенных Штатах. II . . . . .	55
Толщина ледникового покрова Гренландии. II . . . . .	55

### Геофизика

Влияние температуры на оптические свойства озона и определение температуры в стратосфере. VIII . . . . .	62
Дозировка атмосферного озона по методу тушения флуоресценции. VIII . . . . .	61
Работа обсерватории в Арозе (Швейцария). IX . . . . .	78
Строение земли. IX . . . . .	76

### Геохимия

Геохимия мышьяка. II . . . . .	59
Коренное месторождение осмистого иридия. XII . . . . .	105
Нахождение фтора в минеральных водах Франции. II . . . . .	60

### Минералогия

Новые минералы. X . . . . .	74
Падение метеорита в Тобольске в 1684 г. VI . . . . .	80

### Кристаллография

Новый метод искусственного получения изумрудов. XI . . . . .	79
Новый метод определения кристаллического вещества. VIII . . . . .	63
О пластичности кристаллов сильвина. VI . . . . .	80

### Физическая география

Замечательный случай образования кристаллического льда на дугу. IV . . . . .	83
К вопросу о явлениях смерчей. IV . . . . .	81
Некоторые наблюдения над смерчами в Финском заливе. XI . . . . .	80
Новый полуостров на Азовском море и его природа. V . . . . .	63
О весенних нагромождениях льда. VIII . . . . .	66
Оригинальная кристаллизация. VII . . . . .	78
Фен на южном берегу Крыма. VIII . . . . .	68

### Метеорология

Наблюдение метеора. XI . . . . .	82
----------------------------------	----

### БИОЛОГИЯ

#### Биофизика

О физическом доказательстве существования митогенетических лучей. IX . . . . .	84
--	----

#### Биохимия

Андростерон. VII . . . . .	84
Биологическое действие сверхвысоких давлений. V . . . . .	75
Влияние температуры на ядовосприимчивость у морских рыб. X . . . . .	77
Влияние фолликулина на растения. VII . . . . .	85
Выделение этилена при созревании плодов. II . . . . .	68
Гистотоксинны. X . . . . .	76
Долговечность семян. II . . . . .	68
Желтый пигмент канареек. II . . . . .	69
Колхицин и злокачественные опухоли. V . . . . .	74
Новые данные о гемоглобинах человека. XI . . . . .	88
Новый способ получения чистого хлорофилла. I . . . . .	77
Об антагонизме между витаминами и гормонами. IX . . . . .	85
Образование дыхательного вещества из белка при его облучении. VII . . . . .	85
О дыхании бактерий. X . . . . .	77
Пигменты и витамины глаза. IX . . . . .	86
Съедобные птичьи гнезда. II . . . . .	69
Химизм фиксации элементарного азота бактериями. VII . . . . .	86
Хроматофоры и нейрбгормоны. XI . . . . .	90

## Ботаника

Золото в кукурузе. IX . . . . .	79
О диком луке, или скоробе, как замечательном растении крайнего севера СССР. I . . . . .	76
О мимикрии у древесных пород. V . . . . .	64
Растение, содержащее синильную кислоту. X . . . . .	74

## Палеоботаника

Бразения в межледниковых отложениях СССР. III . . . . .	78
К ископаемой флоре среднего плейцена Болгарии. III . . . . .	79
Номенклатура составных частей угля. IV . . . . .	84
Открытие третичной флоры близ Архангельска. II . . . . .	61
Пальмы в третичных отложениях Южного Урала. II . . . . .	61

## Экспериментальная морфология

К вопросу о роли мускулатуры в регенерации. X . . . . .	78
О причинах эпителиального и неэпителиального расположения клеток в тканях животных. VIII . . . . .	74

## Физиология

К вопросу о природе слуховых ощущений. X . . . . .	78
--	----

## Зоология

Аклиматизация кефали в Каспийском море. IX . . . . .	83
Американская экспедиция на глубины Атлантики. I . . . . .	77
Анчоус и осушение Эйндерзее. VII . . . . .	83
Биология в Китае. VIII . . . . .	72
Восточный и западный соловьи в УССР. V . . . . .	73
Государственный выхолодевший заповедник в Воронежской области. XII . . . . .	105
Диморфизм и половые гормоны рыб. I . . . . .	76
Замечательный случай миграции у лосося. X . . . . .	75
Зачатки крыльев у блох. XI . . . . .	86
Инстинкт страха. II . . . . .	64
К вопросу о морфаллаксии. III . . . . .	83
К вопросу о распространении моллюсков в системе р. Ингульца Кривбаса и их роль в водохранилищах. IV . . . . .	88
К вопросу о регенерации энтодермы у гидры. VIII . . . . .	68
Мечение дельфинов в Черном море. IX . . . . .	83
Миоз во внутренних органах человека. II . . . . .	66
Могут ли птицы расселять млекопитающих. VIII . . . . .	72
Морская игла <i>Syngnathus nigrolineatus</i> Eichw. из системы р. Ингульца. V . . . . .	74
Неполноциклые тли и их происхождение. VI . . . . .	85
Новое о батисфере. II . . . . .	62
Новые наблюдения над кровесосущими летучими мышами. VIII . . . . .	70
Ноги насекомых как стимуляторы полета. II . . . . .	65
О взаимодействии между регенерационными центрами гидры. VII . . . . .	80
О гнездовании длинноносого крохала в УССР V . . . . .	73

О замечательном инстинкте обеспечения питания у муравьев. IX . . . . .	83
О нынешнем и прошлом распространении на Украине трехпалого тушкавчика и др. элементов пустынно-степной фауны. IV . . . . .	85
О нырянье китов. VI . . . . .	83
О переходах к эктопаразитизму. VII . . . . .	82
О половом диморфизме у глубоководных рыб. VII . . . . .	82
Опыт реакклиматизации речного бобра на Кольском полуострове. XI . . . . .	87
Об охране бобров в Воронежской области. XI . . . . .	88
О регенерации планарии. XI . . . . .	82
О симбиозе между гидрактинией и раком-отшельником. II . . . . .	63
Приспособление для икротетания у <i>Fundulus gularis</i> (Blgt.) и связь его с половым диморфизмом. VIII . . . . .	71
Пчелы и авиационный метод борьбы с вредителями сельского хозяйства. IV . . . . .	88
Ротовая беременность у рыб. VI . . . . .	82
Трипанозомы животных в СССР. V . . . . .	70
Успешный опыт акклиматизации черноморской креветки <i>Leander rectirostris</i> Czern. в Каспийском море. VII . . . . .	84

## Микробиология

Встречаемость бактерий в высоких слоях атмосферы. VIII . . . . .	73
--	----

## Паразитология

О роли клещей рода <i>Ornithodoros</i> в патологии животных. III . . . . .	87
--	----

## Гидробиология

Соленое грязевое озеро в Днепропетровской области. XII . . . . .	106
--	-----

## Экология

Растения и животные на дальнем Севере. II . . . . .	66
---	----

## Палеозоология

Большерогий олень ( <i>Megaceros euryceros</i> ) в историческое время. VII . . . . .	80
Еще о природе конодонтов. IX . . . . .	79
Ископаемые медведи северной Африки. VI . . . . .	82
Ископаемый носорог. VI . . . . .	82
Итоги изучения фауны Мезинской палеолитической стоянки. III . . . . .	79
Новые данные по нижнетретичным позвоночным Западной Европы. V . . . . .	67
Новое о происхождении человека. VII . . . . .	79
Палеонтологические результаты датской экспедиции в восточную Гренландию. IV . . . . .	84
Первая находка силурийских позвоночных в СССР. V . . . . .	70
Примитивный дицинодонт. VI . . . . .	81
Раскопки палеолитической стоянки близ Харбина. VI . . . . .	81
Рыбы из неолита бассейна р. Онеги. IX . . . . .	82
Скатообразная рыба из нижнего девона. III . . . . .	82
Шолоховская среднетретичная фауна по находкам 1934 г. IX . . . . .	81

## Научные съезды и конференции

Английская оценка Менделеевского съезда. I . . . . .	83
Ботаническая конференция в Лондоне. VI . . . . .	91
Всекаспийская рыбохозяйственная конференция. III . . . . .	93

Всероссийская конференция по борьбе с малярией. III . . . . .	94
Всесоюзное совещание по использованию морских водорослей. VIII . . . . .	77

XII Всесоюзный съезд терапевтов. VIII . . . . .	81	Отклики на XV международный конгресс физиологов. XI . . . . .	91
Конференция по теоретической астрономии и небесной механике. VI . . . . .	89	Палеоботанический конгресс в Герлене. VI . . . . .	90
Неводные растворы. V . . . . .	76	Первая конференция по борьбе с шумом. III . . . . .	88
Некоторые вопросы коллоидной химии на Всесоюзной конференции в Воронеже. III . . . . .	90	Первое межлабораторное морфогенетическое совещание. VIII . . . . .	78
Новые успехи советской рентгенологии. IV . . . . .	89	Третье полярное совещание по изучению и освоению полезных ископаемых Кольского полуострова. X . . . . .	80
О сущности лимнологии и ее значении для культуры современности. I . . . . .	79		

### Жизнь институтов и лабораторий

Государственный Астрономический институт. I Байкал и работы на нем Лимнологической станции Академии Наук СССР. II . . . . .	83	Международное объединение по охране природы. VII . . . . .	89
Беломорская станция Гос. Гидрологического института. X . . . . .	70	Морская биологическая станция в Красном море. II . . . . .	76
„Дипломированный лакей“ богемского ефрейтора. VII . . . . .	83	Новое советское исследовательское судно. II . . . . .	75
Лаборатория по изучению генетики высшей нервной деятельности акад. И. П. Павлова в Колтушах. IV . . . . .	90	XV-летие Ленинградского ветеринарного института. II . . . . .	77
		Работы по геологии моря в 1934 г. VII . . . . .	87
		Сокращения в высших учебных заведениях капиталистических стран. I . . . . .	87

### Потери науки

Габер, Фриц (Fritz Haber). III . . . . .	97	Smith, Theobald. V . . . . .	81
Доктуровский, В. С., проф. V . . . . .	79	Тушинов, М. П. IX . . . . .	89
Ковалевский, В. И., I . . . . .	88	Ушинский, Н. Г., проф. II . . . . .	80
Колосовский, Н. А. V . . . . .	80	Флаэ, Ш., проф. (Charles Flahault). IX . . . . .	91
Мензбир, М. А., акад. X . . . . .	86	Фомин, А. В., акад. УАН. XI . . . . .	95
Мичурин, И. В. VI . . . . .	91	Хоменко, Н. П., проф. X . . . . .	89
Монюшко, В. А. II . . . . .	80	Циолковский, К. Э. IX . . . . .	87
Наумани, Эйнар, проф. II . . . . .	81	Chagas, Carlos, проф. III . . . . .	102
Робертсон, Чарльз (Charles Robertson). IX . . . . .	91	Шустер, Артур. X . . . . .	91
Складовская-Кюри, Мария. I . . . . .	89		

### Критика и библиография

Аболин, Р. И., Е. П. Коровин и М. М. Советкина. Горные пастбища Киргизии и их реконструкция. V . . . . .	94	Гроссет, Г. Э. Следует ли считать отчетливо безлесие степей доказанным? II . . . . .	86
Алексеев, Д. В., проф. Физическая химия, ч. I. X . . . . .	93	Кертис, Г. Связанный азот. II . . . . .	85
Беляр. Цитологические основы наследственности. V . . . . .	95	„Коллоидный журнал“. X . . . . .	93
Becker, E. R. Coccidia and Coccidiosis of domesticated, game and laboratory animals, and of man. I . . . . .	92	Kofoed, Charles A. Termites and Termite Control. X . . . . .	94
Библиография Дальневосточного края. т. II. IX. Бургвиц, Г. К. Фитопатогенные бактерии. VII . . . . .	92	Лаури, Т. М. и С. Сегден. Курс физической химии. II . . . . .	83
Сзая, А. Th. Insektivoren. V . . . . .	90	Маргулис, Б. И., доц. Аномалии роста и развития. II . . . . .	87
Варсановьева, В. А. Происхождение Урала и его горных богатств. III . . . . .	103	Менделеев, Д. И. Избранные сочинения. Т. II. VI . . . . .	94
Gerlach, Walter, Dr. rer. nat. und Dr. med. Werner Gerlach. Die chemische Emissionsspektralanalyse. II Teil. V . . . . .	86	Натали, В. Ф., К. В. Магржиковская и В. В. Хвостова. Общая биология. IV . . . . .	93
Глестон, С. Успехи физической химии. V . . . . .	87	Нестурх, М. Ф. Человек и его предки. X . . . . .	95
Голсв, А. И. Неиспользованные возможности в области омоложения и лечения. VII . . . . .	91	Синтетический каучук. III. Труды Госавода синтетического каучука лит. Б. V . . . . .	88
Грегори, Вильям К. Эволюция лица от рыбы до человека. III . . . . .	103	Hans Molisch. Pflanzenchemie und Pflanzenverwandschaft. VIII . . . . .	84
		Химия и индустрия. V . . . . .	89
		Химикъгъ и нашата действительность. V . . . . .	90

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА на 1936 г. НА ЖУРНАЛ  
„СОЦИАЛИСТИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ И НАУКА“

— **СОРЕНА** —

6-й ГОД ИЗДАНИЯ

6-й ГОД ИЗДАНИЯ

ОРГАН НИСА — ТЕХПРОПА НКТП

Ответственный редактор акад. Н. И. БУХАРИН

**СОРЕНА** самый большой и серьезный журнал Советского Союза по вопросам науки и техники; издается по специальному постановлению ЦК ВКП (б).

**СОРЕНА** охватывает важнейшие проблемы современной науки и техники в их взаимной связи и в связи с задачами социалистического строительства.

**СОРЕНА** дает в каждом номере обзоры и рефераты, отзывы о книгах и журналах, сообщения о работе научно-исследовательских институтов и подробную хронику научной и технической жизни в СССР и за границей.

**Журнал** рассчитан на научных работников различных специальностей, инженерно-технических работников, преподавателей вузов и втузов и студентов.

**УСЛОВИЯ ПОДПИСКИ НА 1936 ГОД**

На год (10 выпусков) . . . . . 25 руб. — коп.

На 6 мес. . . . . 12 „ 50 „

**ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ:** конторой ОНТИ, „ТЕХПЕРИОДИКА“ (Москва, 19. Гоголевский бульвар, д. 27; расчетный счет № 3708 в Московской областной конторе Госбанка); Отделениями и уполномоченными „Техпериодики“, Книгосбыта, Союзпечати, всеми почтовыми отделениями и письмоносцами.

Адрес редакции: Москва 6, Пушкинская площадь, Дом „Известий“, комн. 508, тел. К 3-83-46.

Цена 1 р. 25 к.

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

ОТКРЫТА ПОДПИСКА

НА 1936 ГОД

НА ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПОПУЛЯРНЫЙ ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, ИЗДАВАЕМЫЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК СССР

25-й год издания

# „ПРИРОДА“

25-й год издания

Ответственный редактор акад. А. А. БОРИСЯК

Зам. ответственного редактора проф. Я. М. Урановский

Члены редакционной коллегии: акад. С. И. Вавилов, акад. Б. А. Келлер, акад. Н. С. Курнаков, проф. А. Ю. Харит, проф. Ю. Ю. Шаксель (Prof. Dr. J. Schaxel).

Отв. секретарь редакции д-р М. С. Королицкий.

Журнал популяризирует достижения современного естествознания в СССР и за границей, наиболее общие вопросы техники и медицины и освещает их связь с социалистическим строительством. Информирова читателей о новых данных в области конкретного знания, журнал вместе с тем освещает общие проблемы естественных наук, преодолевая реакционные направления в теоретическом естествознании.

В журнале представлены все основные отделы естественных наук, организованы также отделы: естественные науки и строительство СССР, природные ресурсы Союза СССР, 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. Борисяк; общей биологии — проф. Ю. Ю. Шаксель (Prof. Dr. J. Schaxel); ботаники — акад. Б. А. Келлер; зоологии — акад. А. Н. Северцов; физиологии — акад. Л. А. Орбели; генетики — акад. Н. И. Вавилов; микробиологии — акад. Г. А. Надсон; почвоведения — чл.-корресп. АН проф. Б. Б. Полянов.

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.

**ПОДПИСНАЯ ЦЕНА:** За год за 12 №№ . . . 15 руб. — коп.  
На 1/2 года за 6 №№ . . . 7 руб. 50 коп.

Подписку и деньги направлять в Отдел распространения Издательства Академии Наук СССР: Моск. ва 9, Проезд Художественного театра, 2. Подписка принимается также доверенными Издательства, снабженными специальными удостоверениями.

Редакция: Ленинград 164, В. О., Менделеевская лин., 1, тел. 669-38 и 555-78.