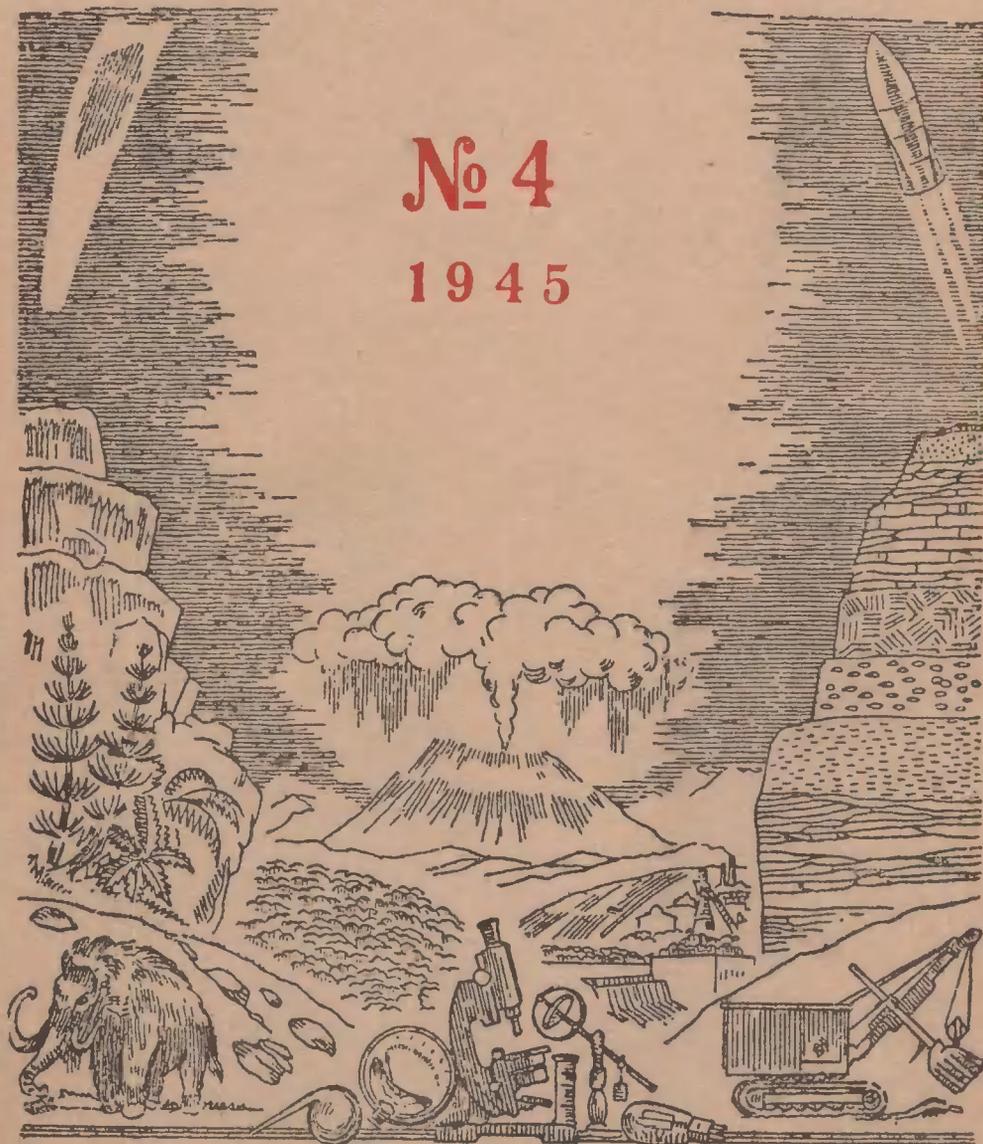


# ПРИРОДА

ПОПУЛЯРНЫЙ ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЙ  
**Ж \* У \* Р \* Н \* А \* Л**  
ИЗДАВАЕМЫЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК СССР

№ 4

1945



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

# П Р И Р О Д А

ПОПУЛЯРНЫЙ ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЙ  
Ж \* У \* Р \* Н \* А \* Л  
ИЗДАВАЕМЫЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК СССР

№ 4

ГОД ИЗДАНИЯ ТРИДЦАТЬ ЧЕТВЁРТЫЙ

1945

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

<i>Е. Л. Кринов.</i> Метеоритные дожди . . . . .	3
Акад. <i>С. И. Вавилов.</i> Об элементарных процессах излучения и поглощения света . . . . .	9
<i>В. Б. Берестецкий.</i> Гелий II — квантовая жидкость . . . . .	23
Акад. <i>И. И. Шмальгаузен.</i> Закономерности в эволюции формообразовательных процессов и законы классической физиологии . . . . .	34
<b>Природные ресурсы СССР</b>	
<i>Г. И. Ишунин</i> и <i>Е. П. Коровин.</i> Заповедник кулана онагра в Бадхызе . . . . .	47
<b>Новости науки</b>	
Астрономия. Новые белые карлики и некоторые закономерности в этой звездной группе . . . . .	59
Физика. Микроанализ при помощи электронов . . . . .	61
Геология. Кучевые пески-булаки и тма (тума) в Джунгарских воротах. — Как были открыты калиевые соли в Соликамске. (Историческая справка) . . . . .	63
Минералогия. Зависимость некоторых свойств алмаза от различных химических примесей в нём . . . . .	66
Геофизика. Импульсы солнечной радиации в естественных условиях . . . . .	70
Биохимия. Пигмент малярийных плазмодиев . . . . .	75
Микробиология. Биохимические исследования и проблема ядра у бактерий . . . . .	75
Медицина. Ингаляционная сульфонамидная терапия . . . . .	77

## CONTENTS

Page

<i>E. L. Krinov.</i> Meteorite Showers . . . . .	3
<i>S. I. Vavilov, M. A.</i> On the Elementary Processes of Radiation and Absorption of Light . . . . .	9
<i>V. B. Berestetzky.</i> Helium II — Quantum Liquid . . . . .	23
<i>I. I. Shmalhausen, M. A.</i> On the Regularity in the Evolution of Formative Processes and the Laws of Classical Physiology . . . . .	34
<b>Natural Resources of the USSR</b>	
<i>G. I. Ishunin</i> and <i>E. P. Korovin.</i> Preserve of Equus (Asinus) hemionus onager Pall. in Badhyse . . . . .	47
<b>Science News</b>	
Astronomy. New White Dwarfs and Certain Regularities in this Star Group . . . . .	59
Physics. Microanalysis by means of Electrons . . . . .	61
Geology. Heapy Sands-Bulaki and the Tma (Tuma) in Djungarian Gates. — On the Discovery of Potassium Salts in Solikamsk. (An Historical Information) . . . . .	63
Mineralogy. Dependence of Some Properties of Diamonds on Different Chemical Admixtures . . . . .	66
Geophysics. Impulses of Sun Radiation in Natural Conditions . . . . .	70
Biochemistry. The Pigment of Malarial Plasmodies . . . . .	75
Microbiology. Biochemical Investigations and the Problem of Bacterial Nucleus . . . . .	75
Medicine Sulphonamide Therapy by means of Inhalation . . . . .	77

**Зоология.** О способах питания рыб планктоном. — Как бабочка тутового шелкопряда обеспечивает себе выход из кокона. — О массовом размножении мышевидных грызунов в нижнем Поволжье

79

**История и философия естествознания**

Проф. *Н. В. Ермаков*. Учение Мечникова о дисгармонии человеческой природы. (К столетию со дня рождения) . . .

84

**Юбилей и даты**

*Б. Г. Иогансен*. 80-летие профессора М. Д. Ружского . . . . .

93

**Zoology.** On the Ways of Nutrition of Fishes by means of Plankton. — How the Mulberry Silkworm Butterfly Provides for Leaving the Cocoon, — On the Mass Multiplication of *Microtus arvalis* and *Mus musculus* in Low Volga . . . . .

79

**History and Philosophy of Natural Science**

Prof. *N. V. Ermakov*. Metshnikov's Theory on the Disharmony of the Human Nature. In Connection with the 100th Anniversary of His Birth) . . . . .

84

**Jubilees and Dates**

*B. G. Iogansen*. Prof. M. D. Ruzsky — in Connection with the 80th Anniversary of His Birth . . . . .

93



Председатель редакционной коллегии академик **С. И. Вавилов**

Ответственный редактор проф. **В. П. Савич**

Члены редакционной коллегии:

Акад. **А. И. Абрикосов** (отд. медицины), акад. **А. Е. Арбузов** и акад. **В. Г. Хлопня** (отд. химии), акад. **С. Н. Бернштейн** (отд. математики), акад. **С. И. Вавилов** (отд. физики и астрономии), акад. **А. М. Деборин** (отд. истории и философии естествознания), член-корр. **Б. Л. Исаченко** (отд. микробиологии), акад. **Б. А. Келлер**, акад. **В. Л. Комаров** и проф. **В. П. Савич** (отд. ботаники), акад. **В. А. Обручев** и проф. **С. В. Обручев** (отд. геологии), акад. **Л. А. Орбели** (отд. физиологии), акад. **Е. Н. Павловский** (отд. зоологии и паразитологии), акад. **А. М. Терлигорев** (отд. техники), **акад. А. Е. Ферсман** (отд. минералогии и природных ресурсов), акад. **И. И. Шмальгаузен** (отд. общей биологии), проф. **М. С. Эйгенсон** (отд. астрономии).

# МЕТЕОРИТНЫЕ ДОЖДИ

Е. Л. КРИНОВ

Ученый секретарь Комитета по метеоритам АН СССР

Почти полтора столетия тому назад, 26 апреля 1803 г., около 1 часа дня, близ нормандского городка Лэгл в Франции на землю выпал необычайный дождь камней. На площади 25—30 кв. км было собрано свыше 3000 камней, из которых наибольший весил около 9 кг, а общий вес всех камней достигал 37 кг. Камни упали после пролетевшего по небу огненного шара (болида), сопровождавшегося громовыми ударами, грохотом и гулом. Этот случай был засвидетельствован не только случайными очевидцами — обывателями, но и специальным протоколом учёных, посланных на место происшествия Парижской Академией Наук для выяснения всех обстоятельств.

Нужно сказать, что до этого времени наука не признавала метеоритов. Несмотря на то, что случаи падения с неба камней неоднократно и ранее отмечались очевидцами, учёные считали все сообщения об этом за простые выдумки. Только после метеоритного дождя 1803 г. метеориты получили всеобщее признание. Они стали привлекать к себе большое внимание учёных, их подвергали всестороннему изучению — определяли химический состав, изучали структуру и минералы и т. д., причём сами метеориты стали бережно собираться и храниться в специальных коллекциях во многих городах различных стран. До настоящего времени на всем земном шаре найдено около 1500 метеоритов, из которых 113 метеоритов были найдены на территории нашей страны.

Теперь мы знаем, что метеориты являются единственным космическим веществом, которое мы можем изучать непосредственно с применением самых точнейших современных методов и аппаратуры. Таким образом через метеориты мы можем изучать состав и строение вещества вселен-

ной, — в этом огромное научное значение метеоритов.

Как теперь с несомненностью установлено, метеориты попадают на Землю из межпланетных и межзвездных пространств, где они в огромных, неисчислимых количествах движутся во всевозможных направлениях. Встречая случайно Землю при своем движении, они врезаются с огромной скоростью в её атмосферу. Скорость метеоритов в среднем достигает 40 км в секунду; однако она доходит до 70 км, если метеорит движется навстречу Земле (сложение скорости движения метеорита и Земли), и снижается до 10—15 км у догоняющих Землю метеоритов. Вследствие такой огромной, как говорят — космической, скорости частицы воздуха сжимаются перед метеоритом, образуя своеобразную подушку, которая начинает резко тормозить движение метеорита в земной атмосфере. Метеорит начинает быстро терять свою скорость, причём его кинетическая энергия, или энергия движения, переходит в тепловую, в результате чего сжатые и увлекаемые впереди метеорита частицы воздуха нагреваются до температуры в несколько тысяч градусов и начинают светиться. Мы видим летящий по небу огненный шар, называемый болидом. Под воздействием раскалённых частиц воздуха вокруг метеорита вещество с его поверхности непрерывно сдвигается и превращается в раскалённый газ, образующий хвост болида. Метеорит постепенно уменьшается в своем объёме.

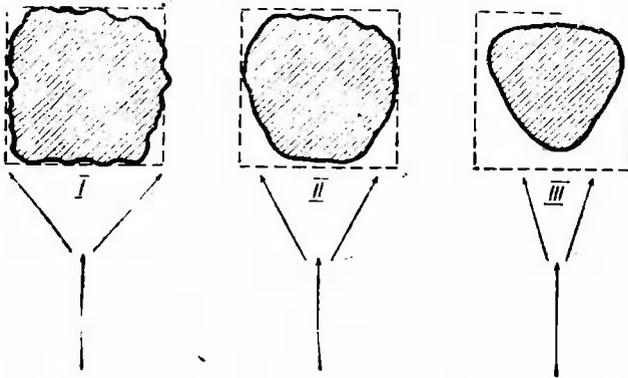
Световые явления, или появление огненного шара, начинаются на высоте около 150 км над земной поверхностью, а на высоте 10—20 км метеориты под влиянием сопротивления воздуха окончательно теряют свою космическую скорость, — здесь они достигают, как говорят, «области

задержки». Метеорит на мгновение как бы останавливается, все световые явления прекращаются, огненный шар исчезает, и метеорит падает на Землю исключительно под влиянием притяжения последней, как брошенный камень или авиабомба с самолета.

разные его поверхности он раскалывается на куски и выпадает целой группой камней (фиг. 3). Такие групповые падения метеоритов случаются значительно чаще.

Дробления метеоритов очень часто наблюдаются очевидцами, когда летящий огненный шар-болид вдруг раскалывается на несколько частей; получается впечатление как бы «взрыва». Иногда наблюдается несколько таких взрывов (фиг. 4). Очень часто последний взрыв происходит в отмеченной выше области задержки метеорита. В этом случае очевидцы отмечают, что болид «исчез, разорвавшись на много частей».

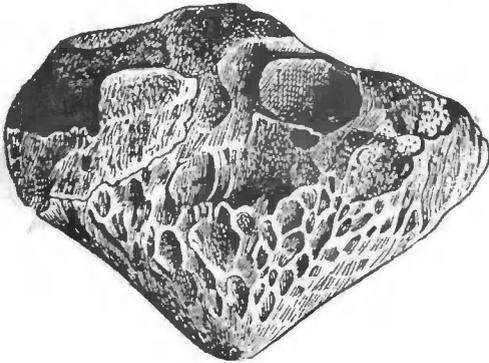
Все без исключения метеориты бывают покрыты тонкой корой плавления, которая наподобие яичной скорлупы покрывает со всех сторон метеорит. Эта кора обычно чёрная и матовая, но иногда она обладает стеклян-



Фиг. 1. Схема обтачивающего действия земной атмосферы на движущийся с космической скоростью метеорит. Образование ориентированной формы.

В результате «обтачивающего» действия земной атмосферы выпавший метеорит приобретает ориентированную форму (фиг. 1), напоминающую головку снаряда (фиг. 2). Одна-

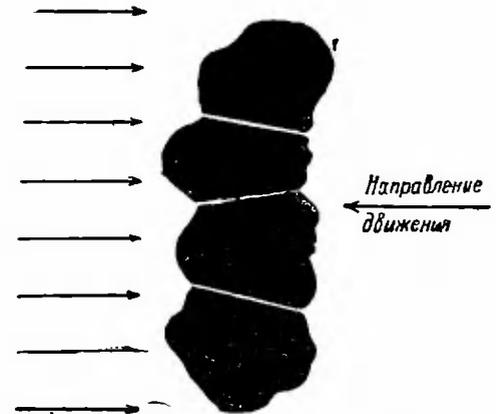
вления, которая наподобие яичной скорлупы покрывает со всех сторон метеорит. Эта кора обычно чёрная и матовая, но иногда она обладает стеклян-



Фиг. 2. Каменный метеорит «Каракол», упавший 9 мая 1840 г. в Семипалагинской губернии. Метеорит весит 2,75 кг и обладает ориентированной формой.

ко такие метеориты падают относительно редко.

Если метеорит при вторжении в земную атмосферу представлял собою глыбу неправильной обломочной формы, то в результате неравномерного распределения давления воздуха на

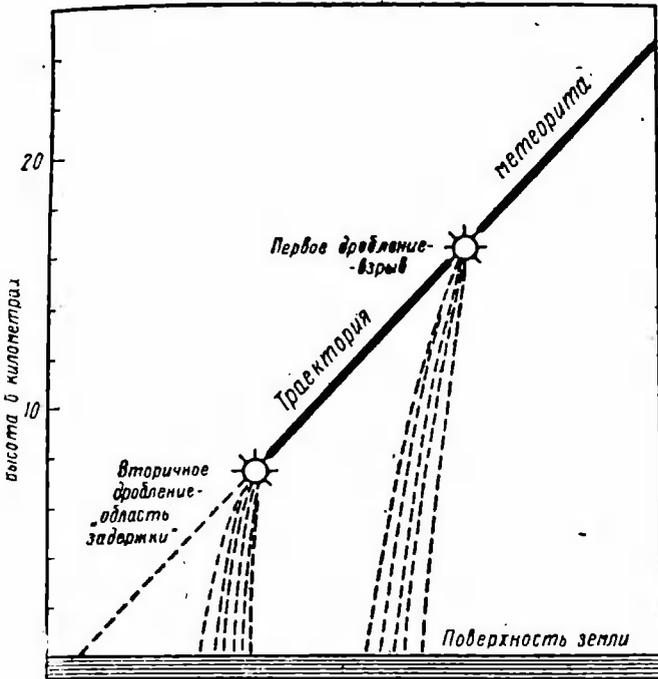


Фиг. 3. Схема дробящего действия земной атмосферы на движущийся с космической скоростью метеорит. Образование метеоритных дождей.

ным блеском. Её толщина не превышает 1 мм. Кора образуется из остатков подплавленного вещества метеорита, которое быстро застывает в тот момент, когда метеорит достигает об-

ласти задержки, т. е. когда потеряет космическую скорость.

зачаточную, неразвитую форму (фиг. 6). Таким образом внешний вид

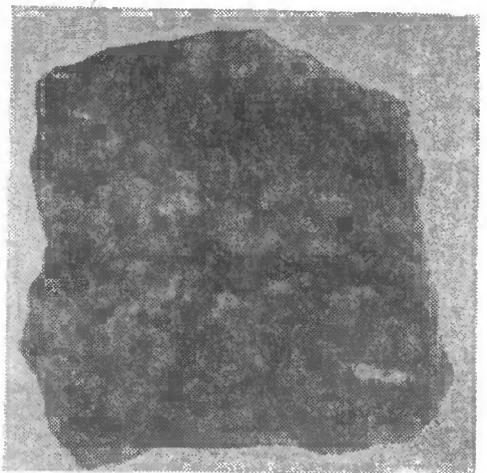


Фиг. 4. Схема последней части траектории метеорита в земной атмосфере (падение метеоритного дождя «Жовтневый хутор»).

По характеру поверхностей метеорита и по виду коры можно легко определить, выпал ли метеорит в одном экземпляре или же он, испытав дробление, является только частью — осколком. В первом случае метеорит обладает гладкой передней (относительно направления его движения) стороной и отчасти такими же гладкими боковыми поверхностями и, наоборот, очень неровной, со сплошными своеобразными углублениями, напоминающими отпечатки пальцев в мягкой (сырой) глине, называемыми пьезоглиптами, или регмаглиптами (фиг. 5), на тыловой и на значительной части боковых поверхностей. Во втором случае его поверхности имеют характерные шероховатости, свойственные поверхностям свежих расколов. Они также покрыты корой плавления, но кора значительно тоньше, чем в первом случае, не превышая 0.1—0.2 мм. Типичные пьезоглипты отсутствуют совсем или же имеют

Иногда отдельные экземпляры метеоритного дождя, выпавшие на некотором расстоянии друг от друга, удаётся сложить между собой поверхностями раскола, покрытыми корой второго типа, и таким образом частично восстановить первоначальную (до дробления) массу метеорита. Такой случай, например, имел место при изучении автором метеоритного дождя «Жовтневый хутор», выпавшего 9 октября 1938 г. в Сталинской области УССР, в окрестностях хутора Жовтневого, когда удалось сложить два экземпляра, ве-

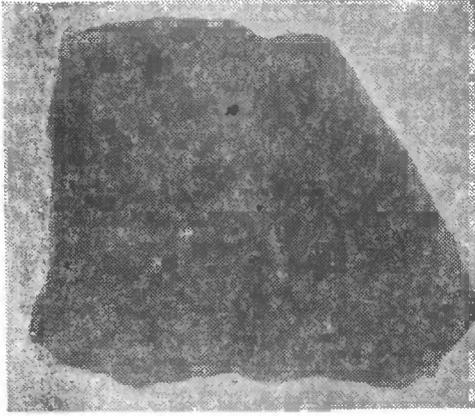
сом 19 кг и 13 кг, упавших на рас-



Фиг. 5. Индивидуальный экземпляр метеоритного дождя «Первомайский посёлок», павшего 26 декабря 1933 г. Поверхность покрыта корой первого типа с резко выраженными пьезоглиптами.

стоянии приблизительно в 1.5 км один от другого.

Осколки метеоритов, падающие дождём, распределяются на земной



Фиг. 6. Второй индивидуальный экземпляр того же метеоритного дождя. Поверхность раскола, покрыта корой второго типа. Пьезоглипы почти полностью отсутствуют.

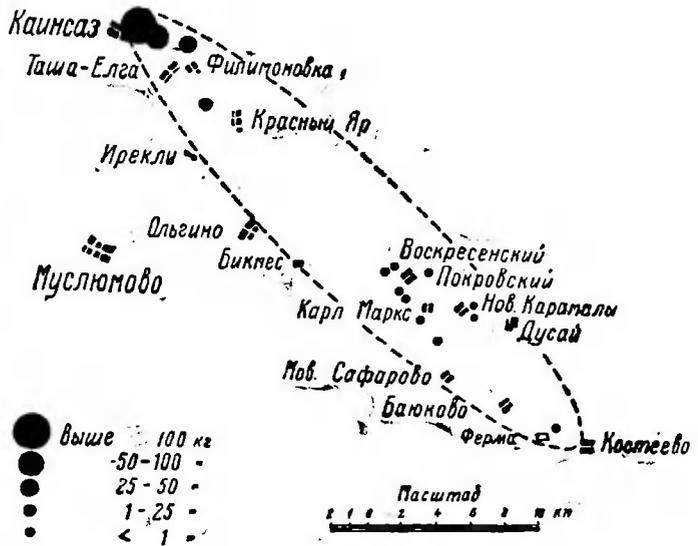
поверхности на площади, ограниченной формой эллипса и притом в строго закономерном порядке, а именно: в одном, дальнем относительно направлении движения метеорита в земной атмосфере, конце большой оси эллипса располагаются наиболее крупные куски, а на противоположном — самые маленькие (фиг. 7). Такое распределение осколков метеоритного дождя вызывается тем обстоятельством, что более крупные осколки дольше сохраняют свою космическую скорость и, область задержки их будет расположена ниже. Наоборот, меньшие экземпляры скорее теряют свою космическую скорость и, следовательно, падают в более близкой относительно траектории метеорита части эллипса. В зависимости от угла наклона траектории метеорита к земной поверхности эллипс рассеяния будет более или менее вытянутый.

В одних случаях длина большой оси эллипса достигает сотни и даже более километров, в других — всего лишь нескольких километров, причём в последнем случае эллипс рассеяния по своей форме приближается к кругу.

Как известно, метеориты бывают железные, железо-каменные и каменные. Чаще всего падают каменные метеориты, причём на железный метеорит приходится 16 каменных. Железо-каменные метеориты падают еще реже.

Пока не было ни одного случая, чтобы число выпавших железных метеоритов превышало 3—4 экземпляра. Метеоритные дожди бывают только при падении каменных и очень редко железо-каменных метеоритов.

С другой стороны, размеры метеоритов колеблются в огромных пределах: самые крупные из них весят десятки тонн, самые маленькие — доли грамма. Так, самый крупный метеорит, найденный в 1920 г. в юго-западной Африке, весит 60 т. Затем известны метеориты весом в 36.5, 27, 15, 13, 12 т и ещё более десятка метеоритов, вес которых превышает тон-



Фиг. 7. Эллипс рассеяния метеоритного дождя «Каинсаз», выпавшего в Татарской АССР 13 сентября 1937 г.

ну. Однако всё это — железные метеориты и пока не было найдено ни одного каменного, вес которого превышал бы полтонны. Несомненно, что

каменные метеориты не выдерживают тех колоссальных давлений воздуха, которые они испытывают при своем стремительном движении с космической скоростью, и поэтому дробятся на большое число отдельных осколков. Одиночные падения каменных метеоритов случаются довольно редко, и при каждом таком случае выпавший метеорит непременно имеет ориентированную форму. Чаще же всего каменные метеориты падают целой группой, в количестве нескольких десятков экземпляров, причём, если число камней в группе больше четырёх, то такое падение принято называть метеоритным дождём. В настоящее время известно очень много метеоритных дождей, из которых мы укажем здесь несколько наиболее обильных.

Самый обильный метеоритный дождь, в котором число отдельных камней достигало 14 000, выпал 19 июля 1912 г. около местечка Гольбрук, в штате Аризона в США; общий вес всех собранных камней достигал 218 кг.

Обильный метеоритный дождь выпал 30 января 1868 г. около города Пултуска в Польше, причём после этого дождя было собрано около 3000 камней. Такое же число было собрано после падения метеоритного дождя 3 февраля 1882 г. в Румынии, около местечка Жокс, причём общий вес всех камней этого дождя достигал 300 кг.

Около 2000 камней, общим весом в 320 кг, было собрано после падения дождя 10 мая 1879 г. около местечка Эстервиль в США.

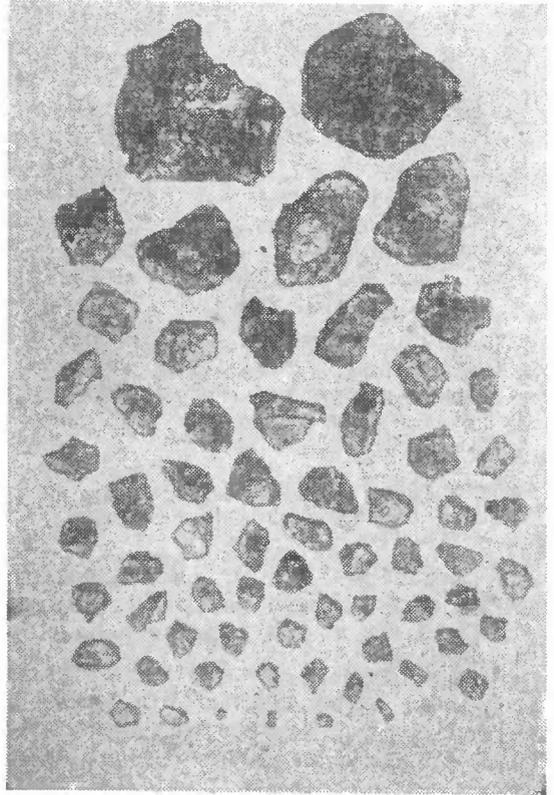
Свыше 1000 экземпляров, общим весом 500 кг, было найдено после падения 9 июня 1866 г. около местечка Княгиня в Чехо-Словакии.

Замечательный метеоритный дождь выпал 1 января 1869 г. в Швеции, близ местечка Гессль. После этого дождя было собрано около 100 экземпляров, общим весом около 23 кг; некоторые экземпляры были настолько малы, что по величине имели размеры зёрен, все камни выпали на лёд и остались на его поверхности.

По сотне экземпляров было собрано после метеоритных дождей, выпав-

ших 12 февраля 1875 г. около местечка Гомстед в США и в 1879 г. — около местечка Тенхем в Австралии; вес всех камней в первом случае достигал 230 кг, а в последнем — 51.6 кг.

12 марта 1935 г. выпал метеоритный дождь около города Лович в Польше, причём было собрано 58 экземпляров, общим весом в 59 кг.

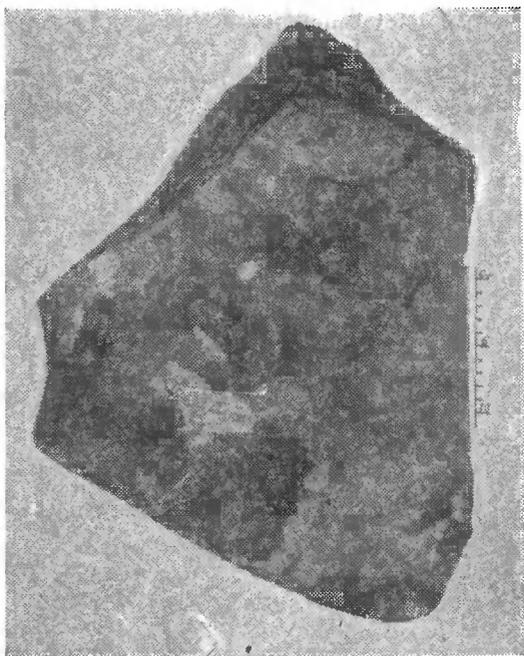


Фиг. 8. Часть метеоритного дождя «Первомайский посёлок», выпавшего 26 декабря 1933 г. в Ивановской области.

Из всех перечисленных метеоритных дождей только два, Эстервиль и Лович, относились к железо-каменным. Все остальные дожди — каменные.

В нашей стране самый обильный метеоритный дождь выпал 26 декабря 1933 г. в Ивановской области, около поселка Первомайский. Известному исследователю метеоритов Л. А. Кулижку вместе со школьниками весной на следующий год, после растаяния снега, удалось собрать на площади около 25 кв. км 97 экземпляров,

общим весом 48.976 кг (фиг. 8). Другой, довольно обильный дождь выпал



Фиг. 9. Самый крупный экземпляр (весом в 102.5 кг) метеоритного дождя «Каинсаз».

13 сентября 1937 г. в Татарской АССР в Муслюмовском районе. После этого дождя было собрано око-

ло 15 экземпляров, общим весом около 210 кг, причём самый крупный экземпляр весил 102.5 кг (фиг. 9), а самый маленький, величиною с орех, — всего лишь 7.65 г. Этот метеоритный дождь выпал на очень вытянутом эллипсе, длина большой оси которого достигала около 30 км. Между прочим, один из крупных камней этого дождя, весом в 53 кг, упал в 4 м от работавшей в поле колхозницы и при своем падении воздушной волной свалил её с ног.

Наконец, последний метеоритный дождь в нашей стране выпал 9 октября 1938 г. в Сталинской области УССР, в окрестностях хутора Жовтневого. После этого дождя было собрано 13 экземпляров, общим весом свыше 100 кг, причём самый крупный весил 32 кг. Несомненно, однако, что общее число всех выпавших камней этого дождя было значительно больше, но многие из них не были найдены.

В заключение отметим, что на открывшейся 6 сентября 1944 г. в помещении Геологического музея им. акад. А. П. Карпинского Академии Наук СССР в Москве Постоянной метеоритной выставке можно видеть образцы многих из упоминавшихся здесь метеоритных дождей.

# ОБ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПРОЦЕССАХ ИЗЛУЧЕНИЯ И ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА<sup>1</sup>

Акад. С. И. ВАВИЛОВ

Конференция Московского университета посвящена текущим научным проблемам. Я коснусь одной проблемы, которая в истории физики не сходит с очереди: это — вопрос о строении света, или, как принято говорить, о природе света.

Не один раз за тысячи лет физики полагали, что вопрос исчерпан. Потом оказывалось в результате новых опытов, что заключение — преждевременно, и начиналась новая стадия развития, которая опять приводила к временному успокоению; затем история повторялась, и та стадия, в которой мы находимся на сегодняшний день, стадия, грубо говоря, соединения элементов волновой и корпускулярной теории, с формальной стороны выражаемая теорией Дирака, едва ли является окончательным словом учения о свете. На сегодня, как будто бы, и не видно противоречий этой теории опытным фактам, но история нас научила не доверять такому спокойствию в науке. Хорошо известно, что квантовая электродинамика, которая лежит в основе современного учения о свете, таит внутренние противоречия, до сих пор не разрешённые, а сама теория света носит на редкость отвлечённый и формальный характер и оставляет желать очень многого, по крайней мере по линии физической конкретизации и осмысливания.

Во всяком случае, современное учение о свете требует ещё очень глубокого теоретического и экспериментального обоснования и изучения. До известной степени, положение дела можно сравнить с новыми термодинамическими утверждениями, иной раз весьма общими и безупречными, но которые не доходят до научного со-

знания по-настоящему, пока мы не найдём для них более конкретного физического толкования.

В связи с этим, изучение ряда вопросов, близко относящихся к фундаментальным свойствам и природе света, хотя, быть может, и не открывающих принципиально новое в учении о свете, имеет, мне думается, большой интерес и может получить глубокое значение. Только на этом пути будет достигнуто дальнейшее углубление и конкретизация учения о свете.

Мне и моим сотрудникам пришлось в той или иной степени касаться вопросов, связанных с природой света в течение почти 25 лет, и я совсем кратко и схематически хочу изложить некоторые из этих вопросов, как иллюстрацию к отдельным этапам общей, большой и трудной проблемы.

## 1. О «нелинейности» в оптике

При внимательном просмотре оптических явлений в них обнаруживаются стороны, которые оставались либо незамеченными, либо оказываются просто неожиданными.

Я начну, казалось бы, с неизбежной основы теоретической оптики, — с положения о линейности её уравнений. Со времен Френеля и Максвелла оптика всегда оставалась линейной. Ещё в XVII в. Декарт, Ньютон и Гюйгенс исходили из несомненности принципа суперпозиции. В том же позднее были уверены Ломоносов, Эйлер и др.

Однако с того времени, когда были открыты квантовые свойства света, вопрос о линейности оптики сделался спорным, и лет 20 тому назад экспериментальная проверка линейности стала снова на очередь. Во многих местах, в особенности в США, были проведены опыты с попытками обнаружить нарушение суперпозиции света в виде саморассеяния света при пересечении интенсивных встречаю-

<sup>1</sup> Доклад на физической секции конференции Московского Государственного университета в декабре 1944 г.

щихся световых пучков. Мне также пришлось производить такие опыты. Они, в пределах ошибок наблюдения, дали заведомо отрицательные результаты, т. е. никаких нарушений суперпозиции наблюдать не удалось. Впоследствии пришлось, однако, вспомнить один известный факт, заранее обрекавший земные опыты такого рода на беспечельность [1].

Мы имеем очень удобный небесный объект, который позволяет проверить в весьма широких пределах принцип суперпозиции. Это — Солнце.

В самом деле, вблизи солнечной поверхности пересекаются в громадном количестве и с громадной интенсивностью световые пучки. Явление саморассеяния света должно бы привести здесь к следствиям чрезвычайно резким и заметным.

Мы знаем, что во время полных солнечных затмений наблюдается сияние вокруг Солнца, «солнечная корона». Но если даже сделать маловероятное предположение, приписывая солнечную корону результату такого саморассеяния солнечных лучей, то окажется, что эффективное сечение светового кванта чрезвычайно мало, порядка  $10^{-40}$  см<sup>2</sup>, т. е. величина настолько малая, что в земных условиях невозможно и думать о проверке суперпозиции. Во всяком случае, если иметь в виду те источники света, которыми мы располагаем, такая проверка является беспечельной. Можно утверждать с громадной степенью точности, что суперпозиция выполняется.

Современная теория света, строго говоря, приводит все же к необходимости нарушения суперпозиции, вследствие свойств, связанных, в конце концов, с замечательным явлением образования пар — электрона и позитрона.

Однако расчёты, приведенные в работах Гейзенберга и его учеников, дают для эффективного сечения фотонов, в результате которого должно происходить саморассеяние, величину ещё примерно в  $10^{30}$  раз меньшую, чем приведенная ранее цифра  $10^{-40}$ .

Конечно, существенно, что принципиально суперпозиция всё же должна нарушаться. В новых работах Шредингера проблемы таких «нели-

нейностей» в оптике разбираются на принципиальной основе. До осуществимого опыта от этих «принципиальных высот» пока ещё очень далеко.

Так обстоит дело в случае распространения свойств в пространстве, лишённом вещества; обстоятельства складываются, однако, совсем иначе, когда мы переходим к веществу.

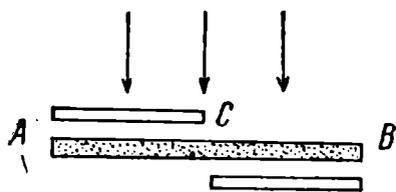
По этому вопросу мне пришлось лет 25 тому назад экспериментально работать ещё в начальной фазе теории квантов, когда возникали сомнения по таким вопросам, которые теперь кажутся совершенно бесспорными [2]. Тогда представлялось, например, интересным проверить, в каких пределах будет выполняться независимость коэффициента поглощения света от яркости. Сравнительно простыми средствами удалось в чрезвычайно широких интервалах, меняя интенсивность световых пучков, примерно, в  $10^{23}$  раз, доказать с достаточно большой точностью, что коэффициент поглощения света остается неизменным для изучавшихся поглощающих сред. И тем не менее можно утверждать, что в общем случае в поглощающей среде распространение света, несомненно, происходит по нелинейным законам, причём это есть прямое следствие теории квантов.

В самом деле, в общем случае при прохождении света в поглощающей среде, атомы и молекулы при поглощении света возбуждаются, причём в течение большего или меньшего промежутка времени они находятся в возбуждённом состоянии. Таким образом, если интенсивность падающего света очень велика, то доля поглощающего вещества в течение некоторого времени перестает поглощать, т. е. коэффициент поглощения должен уменьшаться [3].

Явление это хорошо и давно известно на примере кристаллических фосфоров. Известно, что при возбуждении их достаточно интенсивным светом, например концентрированным светом дуговой лампы, легко достичь такого состояния, когда фосфор перестаёт поглощать свет, хотя он химически не изменяется. Таким образом в этих средах, если мы находимся в области поглощения, сопровождаю-

щегося излучением или наличием возбужденных состояний, коэффициент поглощения должен зависеть от яркости. По общим законам распространения света, вследствие необходимой связи абсорбции и дисперсии, скорость распространения света в такой среде должна также зависеть от яркости, и, следовательно, среды такого рода «нелинейны».

Я уже сказал, что это явление известно давно и хорошо. Оно получило квантовую интерпретацию, но формальной теории распространения света в таких средах, теории нелинейной, мы до сих пор не имеем, и во всех



Фиг. 1.

задачах этого рода приходится ограничиваться грубым подсчётом, нередко затрудняющим количественное решение задач.

Итак мы видим, что теория квантов приводит к необходимости существования нелинейных законов распространения в среде. Существенно отметить, что в классической электромагнитной теории света оптика среды столь же линейна, сколь и оптика вакуума.

Эти нелинейные явления настолько ощутимы, что, используя их, можно строить оптические приборы совсем непривычного типа.

В Государственном Оптическом институте моим сотрудником К. Б. Паншиным, скончавшимся во время блокады Ленинграда, был построен незадолго перед войной своеобразный «нелинейный фотометр». Представьте себе (фиг. 1) слой фосфоресцирующего вещества *АСВ*, половина которого *АС* со стороны падающего света закрыта нейтральным светофильтром, а другая — *СВ* рассматривается через такой же нейтральный фильтр. Если бы мы имели дело с привычной линейной оптикой, мы получили бы поле

одинаковой яркости, было бы безразлично, где поставить нейтральный светофильтр — перед слоем или после слоя, ослабление света оказалось бы одинаковым.

Но вследствие нелинейности системы, вследствие того, что в этом случае падающий свет более интенсивен, получится неравенство двух половин поля. Соответственным способом можно выравнять поля и проградуировать прибор в зависимости от интенсивности падающего света. Мы получаем фотометр, в котором нет надобности в стандартном источнике сравнения.

С нелинейной оптикой среды очень часто приходится иметь дело астрофизикам по причине огромной интенсивности света внутри звёзд. Разумеется, коэффициент поглощения и скорость распространения внутризвёздного вещества чрезвычайно зависят от яркости, и «нелинейность» внутри звёзд неизбежна. Обычно задачи такого рода решаются не строгим аналитическим путём, а помощью иногда очень грубых и примитивных упрощений.

Иногда, и даже часто, этого достаточно, но все же давно нужно бы уметь решать эти задачи *lege artis*. Не следует забывать, что реальная оптика вещества, с которым мы имеем дело, в общих случаях нелинейна и её трактовка требует «нелинейного» математического аппарата.

## 2. Свечение Черенкова

Мы видим, какое своеобразие вносит в законы распространения света «вещественность» среды. Другим, весьма курьёзным и интересным примером специфических условий, складывающихся при распространении света в веществе, может служить свечение, обнаруженное и изученное за последние годы в Физическом институте Академии Наук П. А. Черенковым<sup>[4]</sup>. Сейчас это свечение в иностранной литературе стали называть «свечением Черенкова». Поэтому я буду для краткости в дальнейшем также пользоваться этим обозначением.

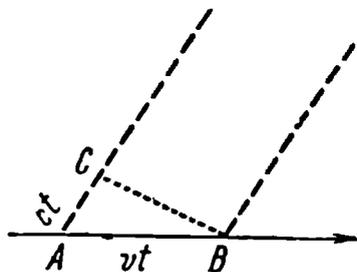
Рассмотрим это любопытное новое оптическое явление, с виду совершенно неожиданное и загадочное, но при ближайшем анализе оказывающееся укладываемым в общепризнанные

рамки как классического, так и квантового представлений.

Прежде всего нужно сказать несколько слов о чисто экспериментальной стороне дела.

Явление состоит вот в чем: если вы возьмете любую чистую жидкость — воду, глицерин, серную кислоту и т. д. — и будете их освещать гамма-лучами радия, то, оказывается, что все эти жидкости светятся чрезвычайно слабым видимым светом. Это явление и было замечено П. А. Черенковым. *Post factum* можно сказать, что его видели неоднократно и до П. А. Черенкова, в частности супруги Кюри.

Кюри и некоторые другие авторы до самого последнего времени приписывали это явление люминесценции



Фиг. 2.

жидкости под действием радиоактивных радиаций. Всем хорошо известно свечение самого препарата радия; оно в значительной части, как можно думать теперь, соответствует свечению Черенкова, но его всегда считали нормальной люминесценцией.

Преимущество П. А. Черенкова перед другими исследователями состояло прежде всего в том, что ему, вполне несомненно, удалось доказать нелюминесцентную природу свечения. Я, к сожалению, не могу подробно останавливаться на этом важном пункте. Ограничусь указанием того, что рядом опытов удалось обнаружить, что «длительность» наблюдавшегося свечения была, несомненно, много короче, чем у всех известных случаев типичной люминесценции.

Далее были найдены совершенно особые свойства свечения: во-первых, было обнаружено, что интенсивность всех жидкостей самого разнообразно-

го химического состава, примерно, одинакова. Спектральный состав тоже почти одинаков. Свечение оказалось поляризованным, причём не перпендикулярно направлению возбуждающего гамма-луча, а вдоль него. Далее свечение обладает совершенно необычными геометрическими свойствами. Оказалось, что оно идёт только вперёд и сосредоточено внутри конуса с прогибом на оси (фиг. 4, б).

Таковы необыкновенные свойства нового свечения. Полное объяснение его удалось дать И. Е. Тамму и И. М. Франку<sup>[4]</sup>.

Для того чтобы возможно проще и короче изложить смысл этого объяснения, обратимся к следующей схеме (фиг. 2). Представим себе некоторую оптически прозрачную среду, в которой распространяются электроны, или световые лучи. Почему мы при этом не видим свечения? Казалось бы, что электроны, или световой луч, необходимо должны возбуждать при своём распространении в среде частицы вещества. Почему же этого не происходит?

Общее объяснение может быть получено из учёта когерентных свойств излучения.

В самом деле, предположим, что возбуждающий луч (электронный, или световой) распространяется вдоль  $AB$  (фиг. 2). В точке  $A$  возникает некоторая электромагнитная пертурбация. За время  $t$  она распространяется на расстояние  $AC$ , в точке же  $B$  к моменту  $t$  находится еще в  $B$ . Таким образом имеется разность хода когерентных волн, равная  $AC$ . Мы предполагаем нашу среду простирающейся на расстояние, значительно большее длины видимой световой волны. Это условие чрезвычайно важно, как увидим в дальнейшем. На основании его всегда можно подобрать такие лучи, для которых разность хода будет равна полуволне  $\frac{\lambda}{2}$ .

Вследствие этого будет происходить взаимное уничтожение лучей, и излучения в сторону не останется.

Приблизительно такие же по существу рассуждения были приведены в своё время покойным академиком

Л. И. Мандельштамом в его известной дискуссии с М. Планком в применении к вопросу о рассеянии света. Мандельштам утверждал, что если среда, в которой распространяется свет, совершенно однородна, то вследствие указанной интерференции никакого рассеяния не будет. Рассеяние может происходить только вследствие пространственных и временных неоднородностей в среде. Известно, что эта мысль стала основой дальнейшей теории молекулярного рассеяния света, развитой Смолуховским и Эйнштейном (флуктуационная теория рассеяния света).

В случае распространения электронов в той же однородной среде всё складывается совершенно так же до тех пор, пока скорость электрона не будет превосходить фазовую скорость света в данном веществе, равную  $\frac{c}{n}$  (где  $c$  — скорость света в вакууме, а  $n$  — показатель преломления). В протяжённой среде когерентные электромагнитные возмущения в молекулах, вызываемые электроном, будут по всем направлениям взаимно уничтожаться. Но электрон может двигаться в среде со скоростью, большей фазовой скорости света. В условиях первых опытов П. А. Черенкова, когда имелись достаточно жёсткие гамма-лучи, происходило явление рассеяния гамма-лучей на электронах. В результате получились комptonовские электроны, часть которых обладала скоростями несколько большими, чем фазовая скорость видимого света в среде.

Если учесть это обстоятельство, то оказывается, что возникает новая непредвиденная возможность.

Строим чертёж, аналогичный прежнему (фиг. 3). Однако теперь мы замечаем, что такое положение дела, когда каждому лучу находится всегда партнёр с разностью фазы в половину длины волны, не будет иметь места в случае, когда разность фазы равняется нулю.

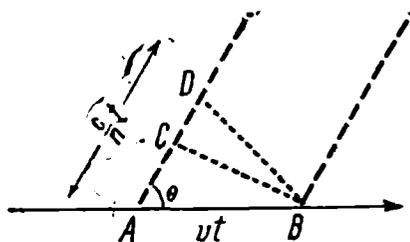
Составим выражение для разности хода для общего случая:

$$\frac{c}{n} t - vt \cos \theta = CD.$$

Но если разность хода равна нулю, т. е.

$$\frac{c}{n} t - vt \cos \theta = 0,$$

то умножением на время  $t$  мы ничего не достигаем. Разность хода всегда равна нулю, т. е. лучи будут усиливать друг друга, иначе говоря, имеется такое направление, под которым лучи усиливают друг друга, т. е. излучение существует. Таково простое интерференционное рассуждение, приводящее к выводу, что в среде, вследствие наличия в ней электронов, движущихся со скоростями, превышающими фазовую скорость света, должно под определённым углом появиться



Фиг. 3.

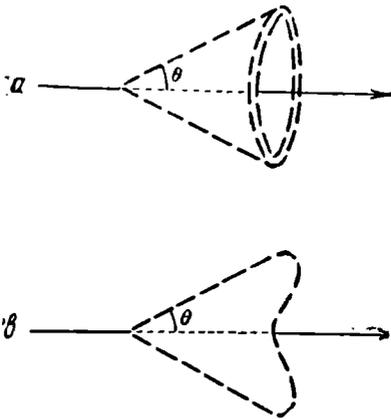
видимое свечение. Угол этот, очевидно, определяется формулой:

$$\cos \theta = \frac{c}{v \cdot n}.$$

Это необычное свечение, которое возможно только в среде при указанных условиях, и обнаружил П. А. Черенков. Поучительно на одну минуту заглянуть в историю. Едва ли кто из физиков старшего поколения не читал знаменитую речь лорда Кельвина «Облака XIX века», сказанную им в 1900 г. Однако едва ли кто помнит, что в этой речи эффект Черенкова предсказывался Кельвином, правда, для пространства, свободного от вещества. В это время теории относительности ещё не было, ещё не существовало запрета для скорости частиц в вакууме, превышающей скорость света, поэтому Кельвин, рассуждая по аналогии со звуком и опираясь на артиллерийские опыты Маха, указал, что если частица будет двигаться со скоростью, большей скорости света, то должна получиться коническая све-

товая волна с углом  $\theta$ , определяемым только что написанным уравнением.

«Если равномерная скорость атома, — говорил Кельвин, — превзойдет хотя бы немного скорость света, то должна появиться неперIODическая, коническая волна... Угол конуса в эфире, так же как и для звука в воздухе, должен быть равным углу, синус которого есть отношение волновой скорости к скорости движущегося тела».



Фиг. 4.

Через четыре года после Кельвина, независимо от него, гораздо более громоздко к тому же выводу пришёл Зоммерфельд в последние месяцы перед появлением теории относительности, когда ещё разрешалось говорить о скоростях электронов в пустом пространстве, превышающих скорость света.

И Кельвин и Зоммерфельд ошибались. С другой стороны, физики более молодого поколения, загипнотизированные невозможностью скорости движения тела большей скорости света в безвоздушном пространстве, забыли о том, что в среде этого запрета нет. Новое явление было открыто чисто эмпирически и только потом, задним числом, удалось его теоретически объяснить во всех подробностях.

Замечу, что тот же эффект получает объяснение и с точки зрения квантовой теории на основе применения закона сохранения количества движения и сохранения количества энергии, как это было показано

В. Л. Гинзбургом[4], а много позднее, в 1944 г., и американскими теоретиками.

Движение совершенно однородных электронов с одинаковой сверхсветовой скоростью должно бы сопровождаться свечением в пределах очень тонкого конуса (фиг. 4, а).

В реальных опытах, особенно с лучами-гамма, мы имеем дело с весьма разнообразными скоростями как по величине, так и направлению. Поэтому в опытах П. А. Черенкова получался заполненный конус с прогибом по оси (фиг. 4, б).

Новое явление интересно, между прочим, в том отношении, что здесь впервые обнаруживаются вынужденные колебания среды, происходящие под влиянием проходящего электрона. В обычных условиях эти колебания скрывались от нас вследствие их взаимной интерференции.

В общем, свечение Черенкова развернуло перед нами новую страницу оптики источников, движущихся со сверхсветовыми скоростями в вещественной среде.

Существенно заметить, что наши выводы применимы только в том случае, если путь электрона достаточно велик и охватывает довольно большое число длин волн. Если мы имеем дело со слоем чрезвычайно тонким, меньшим длины волн, мы (как в этом легко убедиться хотя бы на основании приведенного интерференционного рассуждения) должны получить свечение и при прохождении электрона со скоростью, меньшей скорости света.

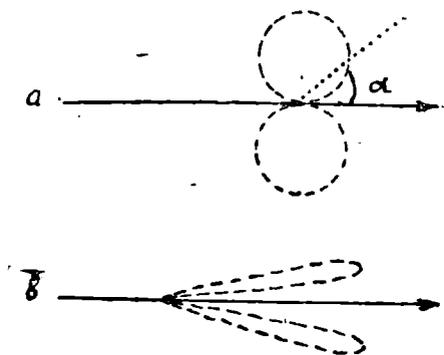
### 3. Природа элементарных излучателей и интерференционные явления

Перейдем теперь к другим оптическим явлениям принципиального характера, тоже неожиданным, которые, однако, наоборот, обнаруживаются только в том случае, если излучаемые светящиеся слои имеют размеры, значительно меньшие длины световой волны.

Мы со школьных лет привыкли решать интерференционные задачи, не задумываясь над тем, что, скажем, в опытах Френеля или Юнга интерферирующие лучи образуют

чрезвычайно малые углы. Между тем, как сейчас будет видно, интерференция должна протекать совершенно своеобразно, как только мы переходим к лучам, расходящимся под большими углами.

Отмечу один эпизод. В 1923 г. появилась экспериментальная работа Шредингера. Она была посвящена как



Фиг. 5.

раз вопросу об интерференции под большими углами от тонкой накалённой волластоновой нити, причём при угле около  $60^\circ$  Шредингер не заметил никаких особенностей интерференционной картины. Опыты ставились для решения актуального в то время вопроса о том, существует ли так называемое «игольчатое излучение» (Nadel-Strahlung), на возможность которого с квантовой точки зрения указал А. Эйнштейн. Курьёзно при этом, что Шредингер не заметил, что классическая теория излучения также приводит к необходимости необычных явлений при интерференции лучей под большими углами. Дело в следующем: решая практические оптические задачи, мы нередко забываем, что элементарные излучатели могут давать только направленное излучение, что не бывает ненаправленных элементарных излучателей. Любую сложную комбинацию электрических элементарных зарядов можно разложить на систему двухполюсную, четырёхполюсную, восьмиполюсную и т. д. (диполь, квадруполь, октополь, магнитный диполь), причём каждая такая система будет давать излучение,

определённым образом направленное. Нам неизвестно такое сочетание зарядов, которое давало бы изотропное излучение.

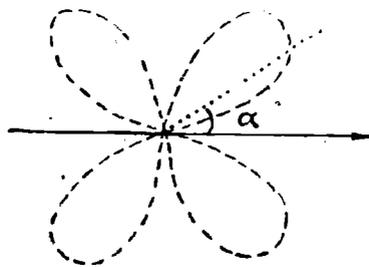
На фиг. 5 изображён случай излучения диполя — системы, соответствующей двум зарядам. На чертеже представлена зависимость амплитуды излучения от угла  $\alpha$ , образуемого осью диполя и направлением излучения. В общем случае эта зависимость определяется формулой:

$$\frac{\sin \alpha}{1 - \beta \cos \alpha},$$

где  $\beta$  равна отношению скорости движения заряда и скорости света. Если скорость движения очень мала, то формула превращается просто в  $\sin^2 \alpha$ , и мы получаем диаграмму 5 a. Если скорость очень большая, то диаграмма становится вытянутой, в пределе стремящейся к прямой осевой линии (фиг. 5, b). Таково излучение диполя.

Излучение квадруполя сложнее, как видно из диаграммы на фиг. 6; амплитуда излучения пропорциональна в этом случае  $\sin^2 2\alpha$ .

Я не буду касаться более сложных систем — октополей и т. д. Их излучение имеет постепенно всё более усложняющийся характер, но сохраняет специфическую направленность. Очевидно, что система из большого

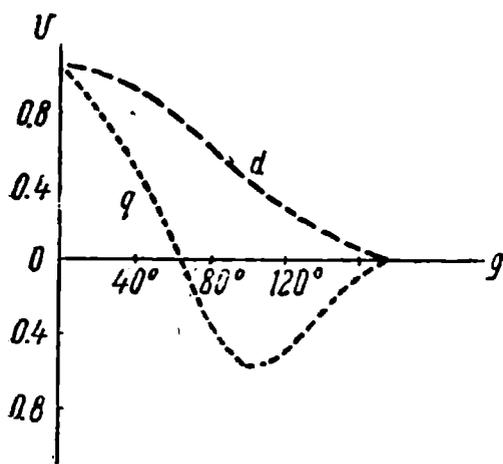


Фиг. 6.

числа беспорядочно распределённых элементарных излучателей того или иного типа будет светиться практически изотропно, т. е. во все стороны одинаково. По этой причине при расчёте оптических систем обычно никогда не учитывают направленности элементарного излучения, между тем при интерференционных явлениях

с этим необходимо считаться, так как интерферировать могут только когерентные лучи, исходящие из одного и того же элементарного излучателя.

Для случая хаотически распределённых диполей такая задача была в 1933 г. разобрана Е. М. Брумбергом и мною [6], и в связи с этим были произведены опыты с наблюдением интерференции типа Френеля под микроскопом, причём были обнаружены на первый взгляд совсем удивительные явления.



Фиг. 7.

Позднее такой же расчёт был произведён и для квадруполей [6].

На фиг. 7 изображена «видимость» интерференционных полос в зависимости от угла между интерферирующими лучами для случая хаотически распределённых диполей и квадруполей. Видимость интерференционных полос — это разность между максимумом и минимумом их интенсивности, делённая на сумму того и другого. Видимость для диполей  $V_d$  и квадруполей  $V_q$  выражается такими формулами, как показал наш подсчёт, а в случае диполей подтвердил опыт:

$$V = \frac{1 + \cos \varphi}{2};$$

$$V_q = \frac{1 + \cos \varphi}{2} - \sin^2 \varphi.$$

При  $\varphi = 0$  мы получим обычное значение видимости, т. е.  $v = 1$ . Но, если переходить от 0 постепенно к

$180^\circ$ , т. е. к случаю, когда лучи расходятся в противоположные стороны, оказывается, что эти лучи постепенно перестают интерферировать; при  $180^\circ$  видимость равна нулю.

Для квадруполей получается ещё более сложная картина, как следует из формулы для  $V_q$  из фиг. 7.

Видимость становится равной нулю в этом случае при  $\varphi = 60^\circ$  и затем делается отрицательной. Это значит, что светлая интерференционная полоса заменяется тёмной. Парадоксальный характер кривых видимости — как для диполя, так и для квадруполя — несколько поясняется сопутствующими поляризационными явлениями.

Дело в том, что в общем случае интерференционное поле поляризовано и имеет слоисто-поляризованную структуру, как это было нами найдено на опыте и как следует из расчёта. Если смотреть на интерференционное поле через николю в случае опытов с когерентными лучами, встречающимися под большими углами, то вид интерференционной картины может резко зависеть от поворота николя.

Обозначим через  $a^2$  энергию вертикальной составляющей светового вектора, а через  $b^2$  — горизонтальной составляющей. Принято называть степенью поляризации света отношение:

$$P = \frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2}.$$

Расчёт приводит для степени поляризации света в максимуме яркой интерференционной полосы для диполя и квадруполя к следующим выражениям:

$$P_{d \max} = \frac{1 - \cos \varphi}{1 + \cos \varphi},$$

$$P_{q \max} = \frac{\cos \varphi - \cos 2\varphi}{2 + \cos \varphi - \cos 2\varphi}.$$

Для степени поляризации в минимуме тёмных интерференционных полос соответственно получается:

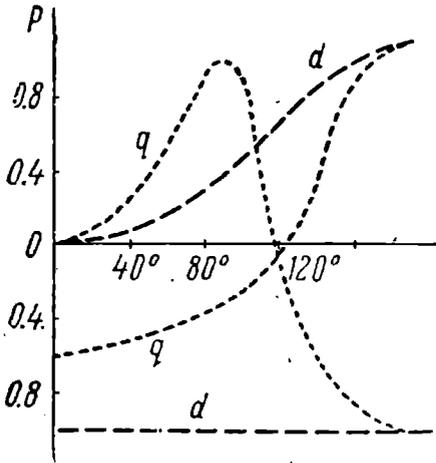
$$P_{d \min} = -1;$$

$$P_{q \min} = -\frac{\cos \varphi - \cos 2\varphi}{2 - \cos \varphi - \cos 2\varphi}.$$

Эти формулы графически изображены на фиг. 8.

Мы видим, что когда  $\varphi = 0$  (условие обычных интерференционных опытов), то свет не поляризован. При  $\varphi = 180^\circ$  в случае диполя поляризация достигает 100%, при этом (фиг. 7) видимость полос равна нулю. Это значит, что интерференционное поле в указанном случае имеет поляризованную слоистость, если смотреть через николю.

Экспериментально нам удалось проверить эти следствия только для



Фиг. 8.

случая диполя. Американскими исследователями Фредом и Вейсманом в 1941 г. обнаружен интерференционным способом весьма интересный случай магнитного диполя. Это — свечение раствора соли европия. Оказалось, что жёлтая линия 610  $\mu$  европия соответствует не электрическому диполю, а магнитному. Разница заключается в сдвиге интерференционной картины, что и обнаружено Фредом и Вейсманом.

Отсюда ясно, что изучение интерференции под большими углами даёт новый, прямой, способ исследования природы элементарных излучателей.

Пользуясь интерференцией света, мы можем, с другой стороны, осуществить опыты, которые на первый взгляд кажутся даже внутренне-противоречивыми [7]. Можно, например, простым способом обнаружить вращение плоскости поляризации естественного света. Поворот плоскости поля-

ризации излучения каждого элементарного излучателя, разумеется, никак не может сказаться на физических свойствах естественного светового пучка, взятого в отдельности. Но при интерференции его с когерентным пучком, у которого поворота плоскости поляризации нет, наличие вращения плоскости поляризации может быть легко найдено. Точно так же можно открыть эллиптическую поляризацию элементарного излучения в естественном пучке света. Для опытов такого рода, позволяющих до некоторой степени исследовать структуру естественного света, нет необходимости в интерференции под большими углами. Результаты легко достигаются с обычными интерференционными установками.

#### 4. Природа элементарных излучателей и поляризация фотолюминесценции.

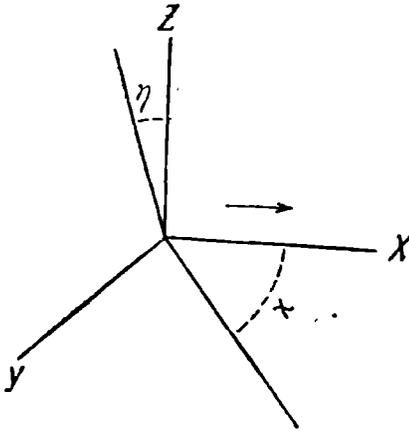
Описанные опыты и расчёты отчётливо конкретизируют физические представления об элементарном излучателе — диполе, квадруполе, магнитном диполе и т. д. Однако интерференционные опыты под большими углами довольно трудны, приходится оперировать с нитями или слоями, по толщине значительно меньшими длины световой волны. Поэтому желательно иметь другие, более доступные, экспериментальные методы анализа природы элементарных излучателей.

Таким простым методом, пригодным, правда, далеко не для всех случаев, может служить исследование поляризации фотолюминесценции [8].

В самом деле, предположим, что мы освещаем среду линейно-поляризованным светом. Пусть в падающем луче колебания электрического вектора происходит вертикально. Тогда, если среда состоит из анизотропных образований, например диполей или квадруполов, поглощение будет неодинаковым для различных частиц: диполи, оси которых будут параллельны электрическому вектору, будут поглощать свет максимально, а диполи, оси которых перпендикулярны к электрическому вектору, не будут поглощать света вовсе. В промежуточ-

ных направлениях и поглощение будет промежуточным.

Итак, освещая дипольную изотропную среду линейно-поляризованным светом, мы создаем временную анизотропию, так как в направлении колебаний светового вектора число возбужденных диполей будет наибольшим. Если возбужденные центры немедленно излучают (случай рассеяния света), то, исследуя пространственное распределение рассеянного света, мы полу-



Фиг. 9.

чаем возможность определить природу элементарных излучателей, являются ли они диполями или квадрупольями.

В случае фотолуминесценции дело значительно усложняется. Между моментом поглощения света и его излучением протекает конечное время, поглощающая и излучающая элементарные системы при этом могут быть различными. Например, поглощение будет определяться диполем, а излучение — квадруполем. Если ограничиться лишь этими двумя системами, то, вообще говоря, возможны четыре сочетания:

Диполь —————> Диполь  
 Диполь —————> Квадруполь  
 Квадруполь —————> Квадруполь  
 Квадруполь —————> Диполь

Помимо того, оси поглощающей и излучающей систем могут быть наклонными одна к другой. Наконец, за время возбужденного состояния

молекула, вследствие теплового броуновского движения, может заметно повернуться, если только вязкость среды не очень велика.

Я приведу результаты расчёта для четырёх указанных комбинаций в том случае, когда оси поглощающей и излучающей систем совпадают и за время возбужденного состояния не происходит заметного поворота молекулы. Пусть возбуждающий луч идёт по направлению  $X$  (фиг. 9), линия наблюдения составляет с осью  $X$  угол  $\chi$  в плоскости  $UX$ , а угол, образуемый возбуждающим световым вектором с осью  $Z$ , обозначен через  $\eta$ .

На диаграмме фиг. 10 графически изображены результаты расчётов для четырёх указанных комбинаций. Поворачивая поляризационную призму, через которую проходит возбуждающий свет, и производя измерения, например, вдоль и поперёк возбуждающего луча ( $\chi = 0$  и  $\chi = \frac{\pi}{2}$ ), мы получаем изображённые характерные кривые, позволяющие сделать заключение о природе элементарного поглощения и излучения в различных случаях.

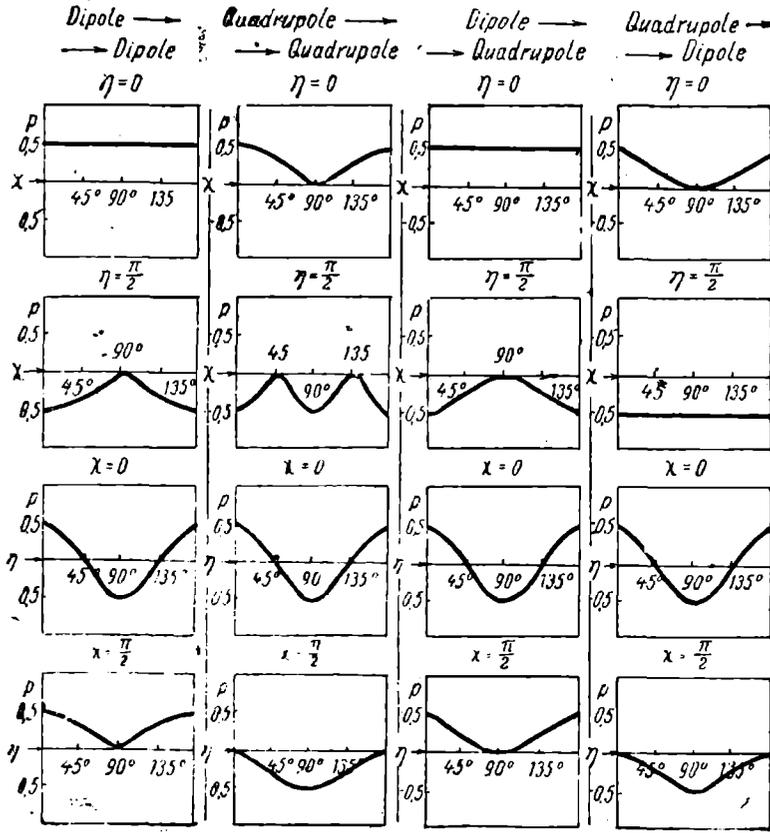
Этот метод применялся для ряда случаев. Оказалось, например, что классическая флуоресценция растворов красителей во всех рассмотренных случаях соответствует нормальным электрическим диполям.

Очень любопытен случай, также классический, уранового стекла. Длительность свечения уранового стекла, примерно, одна тысячная доля секунды. Такая длительность может соответствовать только квадруполью, или магнитному диполю. Недавно А. Н. Севченко<sup>9]</sup> обнаружил, что имеются некоторые сорта уранового стекла, которые дают поляризованное свечение, при этом поляризационная диаграмма, полученная только что описанным способом, имеет строго дипольный характер. Сопоставление квадрупольной длительности с дипольным характером диаграммы не оставляет, как будто бы, другого выхода кроме того, что в данном случае перед нами магнитный диполь.

Описанные интерференционные и поляризационные опыты приводят нас к существенному обогащению понятия

о световом потоке. Представление о световом потоке до сего времени определялось его интенсивностью, поляризацией, спектром и направлением. Мы видим, что этого недостаточно, что для характеристики должна быть

ром элементарных излучателей источника, ещё не исчерпывает, однако, вместе с интенсивностью, поляризацией, спектром и направлением всех свойств света, доступных экспериментальному изучению и полностью его



Фиг. 10.

добавлена ещё одна существенная черта — природа элементарных излучателей светового пучка. Правда, для тонких атомных спектров возможно по самому спектру, теоретически его анализируя, сделать заключение о природе излучателей. Это не осуществимо, однако, для сложных молекулярных спектров, и описанные экспериментальные приёмы пока остаются единственным средством решения вопроса.

### 5. Квантовые флуктуации излучения и поглощения света

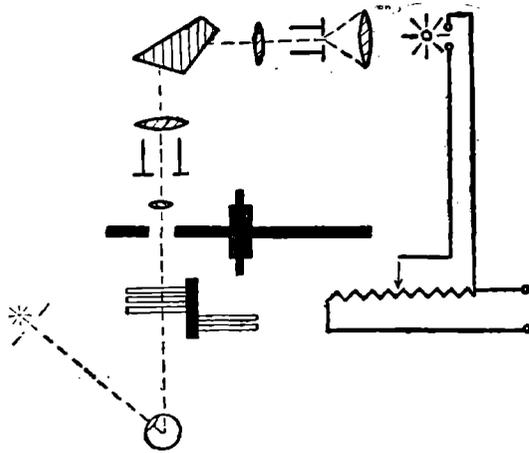
Добавленное новое свойство светового потока, связанное с характе-

определяющих. Световой поток по современным представлениям имеет квантово-статистическую природу и должен обнаруживать статистические флуктуации интенсивности, поляризации и спектра. Такие флуктуации должны резко проявляться по мере перехода к очень слабым интенсивностям.

За последние 15 лет мною и моими сотрудниками разработан визуальный метод исследования этих статистических свойств света, основанный на огромной чувствительности человеческого глаза, адаптированного на темноту<sup>[10]</sup>.

Здесь я не могу описывать экспе-

риментальные подробности наших работ и ограничусь только указанием экспериментальной схемы одной из установок (фиг. 11). Свет от маленькой лампы накаливания, которая ещё может ослабляться реостатом, разлагается монохроматором. Монохроматический пучок проходит далее через вращающийся диск, пропускающий свет только в течение 0.1 сек. и задерживающий его в течение остальных 0.9 сек. После этого



Фиг. 11.

световой поток проходит через стопу стеклянных пластинок. Каждая пластинка ослабляет свет приблизительно на 8%. В темноте наблюдатель может таким способом, ощупью, уменьшая или увеличивая число пластинок в стопе, количественно изменять интенсивность светового потока. Голова наблюдателя опирается на специальный подбородник, глаз фиксирован на слабую светящуюся красную точку, находящуюся в стороне, так называемую «фиксационную точку», обычную при работах по физиологической оптике. Таким образом гарантируется наблюдение периферическими областями сетчатки глаза под определённым углом.

Если световой поток ещё довольно интенсивен, то глаз наблюдателя при каждом прохождении вращающегося диска видит вспышку; световых флуктуаций ещё не наблюдается. Но если посредством реостата постепенно ослаблять световой поток, то достигается такое состояние, когда вспышки

появляются не при каждом прохождении отверстия диска—начинаются световые флуктуации. Под рукой наблюдателя находится телеграфный ключ, на который производится нажим при каждой замечаемой вспышке. Этот нажим регистрируется на ленте хронографа, на другом её краю автоматически записывается каждое прохождение отверстия диска. Частное от деления числа наблюдаемых вспышек на общее число прохождений даёт вероятность наблюдения вспышки. Таким образом, меняя интенсивность света посредством стеклянной стопы и измеряя вероятность наблюдения вспышек, можно определить последнюю как функцию интенсивности. Таковы наиболее существенные черты нашей экспериментальной установки.

Вопрос о характере квантовых флуктуаций светового потока с теоретической точки зрения до настоящего времени не выяснен даже для простейшего случая равновесного температурного излучения. Ещё большая неопределённость остаётся в отношении неравновесных направленных световых пучков, с которыми и приходится производить опыт. Кроме того, на опыте мы неизбежно оперируем только с флуктуациями поглощенной световой энергии. Между тем лишь при условии полного поглощения, когда число вошедших и поглощённых в сетчатке фотонов одинаково, флуктуация в световом потоке и в поглощающей среде должны совпадать. При неполном поглощении характер флуктуаций, вообще говоря, должен зависеть от флуктуаций в падающем световом пучке. В связи с этой неясностью экспериментальное изучение статистических процессов при поглощении света особенно важно.

Мы делаем предположение о возможности определения рассматриваемых статистических процессов при помощи «классической» формулы Пуассона. Последовательное модулирование одних флуктуаций другими в таком случае не может менять пуассоновского характера флуктуаций. Обозначим через  $\bar{n}$  среднее число монохроматических фотонов, поглощаемых в сетчатке за одно прохождение отверстия диска, а через  $n_0$  — минималь-

ное число фотонов, необходимое для получения зрительного впечатления.

Тогда для интервала вероятностей от 0.1 до 0.9, с которыми по преимуществу приходится иметь дело на опыте, с достаточным, в пределах точности опыта, приближением можно найти, что вероятность наблюдения вспышки

$$p \approx \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \frac{(n_0 - n)}{\sqrt{2n}}$$

Эта формула и составляет основу наших количественных расчётов. Она вполне подтвердилась для большой серии наблюдений, производившихся в течение около десяти лет рядом наблюдателей. Порожное число фотонов очень мало. Для  $\lambda = 525$  м.м. ( $n_0$ ) колебалось (в одной серии опытов) для четырёх наблюдателей в пределах от 18 до 32 и в среднем равнялось 25 фотонам. В другой серии для одного наблюдателя  $n_0$  для той же спектральной области  $n_0 = 8$ . Если учесть поглощение и рассеяние света в глазных средах, предшествующих сетчатке, и неполное поглощение в самой сетчатке, то полученная величина  $n_0$  оказывается удовлетворительно согласующейся с величиной зрительного порога и значением квантовой постоянной  $h$ .

Можно заметить мимоходом, что эти флуктуационные опыты, помимо своего прямого интереса для проблемы света, приобретают особый интерес для физиологической оптики, как новый метод непосредственного исследования чувствительности сетчатки глаза. Таким образом удалось, в частности, показать наличие очень большой чувствительности глаза в ближайшей ультрафиолетовой области спектра. Эта чувствительность при обычных условиях незаметна вследствие огромного поглощения ультрафиолетовых лучей в хрусталике глаза. В последнее время флуктуационные опыты, вполне аналогичные нашим, были произведены американскими физиологами, примерно, с теми же результатами<sup>[11]</sup>.

Визуальный метод измерения квантовых флуктуаций светового потока даёт возможность проследить в оптических явлениях тонкие статистиче-

ские свойства, которые до сих пор ускользали от наблюдения. Если разложить двоякопреломляющий прямой естественный свет на два взаимно перпендикулярно поляризованных пучка, то при наблюдении в вышеописанных условиях можно видеть, что отношение яркостей в двух пучках всё время колеблется, флуктуирует; иначе говоря, естественный свет при очень малой интенсивности оказывается в течение коротких промежутков времени частично поляризованным.

Аналогичное флуктуационное исследование интерференционного поля показывает, что светлая полоса флуктуирует, в то время как тёмная остаётся всё время неизменной<sup>[12]</sup>.

Остановлюсь ещё на одном интересном вопросе, ожидающем экспериментального решения. Ещё в 1909 г. Эйнштейн получил свою знаменитую формулу для флуктуаций излучения внутри чёрного тела. Эта формула — двучленная (соответственно корпускулярной и волновой природе света); вид её таков:

$$(\Delta E_0)^2 = h\nu + \frac{c}{8\pi\nu^2 \Delta\nu} \frac{E_0^2}{V_0},$$

где  $(\Delta E_0)^2$  — средний квадрат флуктуаций электрического поля,  $V_0$  — объем.

Для видимого света и температуры порядка  $3000^\circ$  второй член составляет только сотую долю процента от первого. Однако, если температура источника доходит до  $30\,000^\circ$ , то из формулы следует, что флуктуации должны быть в 1.35 раза больше, чем для источника с температурой в  $3000^\circ$ . Иными словами, выделив узкими светофильтрами два практически монохроматических пучка света от двух источников с температурами в  $3000^\circ$  и  $30\,000^\circ$  и приравняв их по интенсивности, мы могли бы различить их по флуктуациям, если только верны изложенные соображения. Это парадоксальное на первый взгляд обстоятельство объясняется тем, что при низкой и высокой температуре имеют определяющее значение разные статистики.

Пользуясь визуальной методикой, мы сравнили, в частности, флуктуации монохроматического света, полу-

чаемого от температурного излучателя и от света флуоресценции раствора флуоресцеина. Флуктуации оказались одинаковыми.

Так же как экспериментальное исследование природы элементарных излучателей, измерения квантовых флуктуаций света имеют, несомненно, основное значение для суждения о свете и об источнике. Перед нами здесь ещё одна важнейшая характерная черта светового потока. Однако экспериментальное исследование световых флуктуаций находится ещё в самой начальной стадии. Можно надеяться, что усовершенствование фотоэлементов даст в руки экспериментатора более удобное и менее капризное средство для измерения флуктуаций, чем визуальные наблюдения, которые для видимого света на сегодня единственно возможны.

\*

Затронутые явления, надеюсь, достаточно поясняют, что следует подразумевать под экспериментальным исследованием проблемы света и под конкретными задачами, стоящими на этом пути. Современная физика, вышедшая во многих случаях за привычные рамки механических моделей и развивающаяся нередко по линии весьма абстрактных математических обобщений, больше чем когда-либо нуждается в постоянном соединении теории и опыта. Опыт открывает новые, незамеченные и иногда важнейшие следствия теории, служит трамплином для следующих теоретических скачков и неуклонно выполняет свою роль контролера теории, её верховного судьи.

В учении о свете многое ещё принимается на веру. Например фундаментальное положение о независимости скорости света от движения источника основывается до сих пор только на астрономических наблюдениях двойных звёзд, лабораторный опыт, вполне осуществимый, не сделан до сего времени. Наши представления о свете будут и должны ещё углубляться. Напомню о замечательном оптическом явлении образования позитрона и мегатрона из жесткого

гамма-фотона. На лицо имеется крайне формальная и абстрактная теория этого явления; по-настоящему до «оптического сознания» оно ещё не дошло, и требуется дальнейшее всестороннее экспериментальное его изучение, которое рано или поздно натолкнёт нас на более отчётливое понимание процесса, либо приведёт к открытию новых неожиданных свойств света.

#### Л и т е р а т у р а

[1] С. И. Вавилов. Замечания об эмпирической точности оптического принципа суперпозиции. ЖРФХО, часть физич., 60, 555 (1928); S. Vavilov. On the attempt to detect collisions of photons. Phys. Rev., 36, № 10 (1930); С. И. Вавилов. Ответ на замечания К. Н. Шапошникова, ЖРФХО, часть физич., 61, 393 (1929)—[2] С. И. Вавилов. О независимости коэффициента поглощения от яркости. Изв. Физич. инст. при Моск. научн. инст., 1, 92 (1920).—[3] Ср.: S. I. Wavilov u. W. L. Lewschin. Die Beziehungen zwischen Fluoreszenz und Phosphoreszenz in festen und flüssigen Medien. Phys. ZS., 35, 935 (1926).—[4] П. А. Черенков. Изучение электронов при движении их в веществе со сверхсветовой скоростью. Тр. Физич. инст. им. П. Н. Лебедева, II, вып. 4, стр. 1—62 (1944); С. И. Вавилов. О возможных причинах синего гамма-свечения жидкой ДАН, II, 457 (1934); И. Е. Тамм и И. М. Франк ДАН, 14, 107 (1937); В. Л. Гинзбург. Квантовая теория светового излучения электрона, равномерно движущегося в среде. ЖТЭФ, 10, 589 (1940).—[5] S. I. Wavilov und E. M. Brumberg. Über die Eigenschaften der Interferenz von weit geöffneten Lichtbündeln. Sow. Phys., 3, 103 (1933).—[6] С. И. Вавилов. Природа элементарных излучателей и явления интерференции. ДАН, XVIII, 459 (1937).—[7] С. И. Вавилов. О некоторых случаях интерференции естественных лучков. Изв. Акад. Наук СССР, ОМОН, стр. 1451 (1932).—[8] С. И. Вавилов. Природа элементов их осцилляторов и поляризация фотолуминесценции. ЖЭТФ 10, 1363 (1940).—[9] А. Н. Севченко. Поляризация фоголуминесценции урановых стекол. ДАН, 42, 349 (1944).—[10] E. Brumberg und S. Vavilov. Visuelle Messungen der statischen Photonenschwankungen. Изв. Акад. Наук. СССР, ОМОН, 919, (1933); С. И. Вавилов. Пути развития Оптического института. Изв. Акад. Наук СССР, серия физич., № 1/2, стр. 176 (1935); Е. И. Брумберг, С. И. Вавилов, З. М. Свердлов и П. В. Тимофеева. Визуальные изменения квантовых флуктуаций. ЖЭТФ, 12, 93 (1942).—[11] S. Hecht, S. Schlaer and M. H. Pirenne. Energy of the threshold of vision. Science, p. 535, June 20 (1941).—[12] Е. М. Брумберг и С. И. Вавилов. Статистическая структура интерференционного поля. ДАН, 3, 1 (1934).

# ГЕЛИЙ II — КВАНТОВАЯ ЖИДКОСТЬ

В. Б. БЕРЕСТЕЦКИЙ

## 1. Жидкий гелий

Квалификация явления как «квантового» имеет в виду богатый конкретный положительный смысл. Вначале представляется существенным отметить тот отрицательный смысл, который всегда сопутствует термину «квантовый».

Квантовое — это значит непохожее на то, что следовало бы ожидать согласно привычным человеческим понятиям, основанным на повседневном опыте. Квантовое — это значит парадоксальное, не поддающееся освоению нашим мозгом при помощи обычных наглядных представлений. Конечно, при этом не имеются в виду парадоксы и странности, так сказать, обычного свойства.

В любой отрасли науки приходится иметь дело с непонятными фактами, порой противоречащими как друг другу, так и твёрдо установленному ранее, и выяснение истинной картины явления представляет собой далеко не простую задачу. Оно и составляет предмет научного исследования. Квантовое выступает, когда запутанность проблемы преодолена, когда явление сведено к примитивнейшей форме и противоречие обнажено.

Можно взять на себя смелость утверждать, что в этом отрицательном аспекте свойства жидкого гелия — самое явственное из квантовых явлений.

Действительно, принципы доквантовой физики (называемые обычно классическими) оказались неосновательными по отношению к широкому кругу фактов. Как это проявлялось? Рассмотрим два примера. Первый пример. Классическая теория, логически последовательно проведенная, приводила к катастрофически-абсурдному результату: неустойчивости вещества — атомов, молекул, твёрдых и жидких тел. Огромная заслуга квантовой теории состоит в том, что

она эту устойчивость объяснила и вывела науку из тупика. Но катастрофа, которая здесь случилась с классическими понятиями, разыгралась в далёкой области логических умозаключений. Именно там получились удивительнейшие странности и неразрешимые парадоксы. Непосредственно существование и устойчивость вещества не приводят нас в недоумение. И, забыв о таящейся в глубине вещей загадке, мы можем спокойно строить классическую механику твёрдых и жидких тел и с успехом применять её к движению волчка, обтеканию крыла самолёта и другим бесчисленным вопросам макроскопического характера. Второй пример. Квантовая теория объяснила сущность корпускулярно-волнового дуализма электронов. В этом явлении парадокс выступает непосредственно в опыте, из которого следует, что, с одной стороны, электрон можно наблюдать в определённом месте, а с другой стороны, он в это же самое время, как будто бы, участвует в процессах, значительно удалённых от этого места. Эти факты, наиболее непосредственно подводющие к необходимости замены коренных классических представлений квантовыми, относятся к разряду микроскопических явлений, в которых участвуют мельчайшие частицы — электроны, восприятие которых далеко не непосредственно.

В отношении затраты труда и остроумия опыты по обнаружению свойств жидкого гелия, производимые при температурах, близких к абсолютному нулю, не проще опытов с электронами. Но техника экспериментирования будет оставлена за кулисами в настоящей статье. И тогда перед нашим умственным взором остаётся просто макроскопическое тело — жидкость, и речь будет идти главным образом о течении этой жидкости через трубочки и щели. И в этих «грубых и зримых» явлениях выступают столь

вопиюще-парадоксальные факты, что классическая механика оказывается вынужденной оставить здесь поле, казалось бы, ей по праву принадлежащее, — описание движений макроскопических тел.

Гелий является наиболее трудно сжижаемым газом. Он превращается в жидкость при температуре  $4,2^\circ$  от абсолютного нуля (т. е. при температуре  $-269^\circ\text{C}$ ). Жидкий гелий получил впервые Каммерлинг-Оннес в 1908 г. Это — прозрачная жидкость, в 7 раз легче воды. При дальнейшем понижении температуры гелий, единственное в этом отношении вещество, не превращается в твёрдое тело, а остается жидкостью до самых низких температур (в настоящее время достигнуты температуры, отличающиеся от абсолютного нуля лишь на несколько тысячных долей градуса). Превратить гелий в твёрдое состояние можно только путём повышения давления (не менее чем до 25 атмосфер). Тот же Каммерлинг-Оннес открыл существование двух состояний, или модификаций, жидкого гелия. Известно, что ряд веществ при определённой температуре, не меняя своего агрегатного состояния, переходит в другую модификацию, отличающуюся от первой рядом физических свойств (например железо при температуре  $1040^\circ\text{C}$  теряет свои магнитные свойства). При ожигении газа гелия (при  $4,2^\circ$ ) образуется жидкость, называемая гелием I. При температуре ниже  $2,19^\circ$  от абсолютного нуля существует другая модификация жидкого гелия, называемая гелием II. Гелий I и II отличаются друг от друга даже по внешнему виду: гелий I имеет кипящую поверхность (даже незначительное подведение тепла к гелию I, например от падающего света, вызывает его кипение), гелий же II имеет ровную, спокойную поверхность. Поведение гелия I не показывает никаких особенностей по сравнению с другими жидкостями. Историю открытия удивительных свойств гелия II можно начать с опытов Кеэзома (в Голландии), относящихся к 1936 г. Наиболее фундаментальные факты, относящиеся к свойствам гелия II, открыл и исследовал Капица в период 1937—1941 гг. в Ин-

ституте физических проблем в Москве. В 1941 г. там же Ландау дал квантовую теорию гелия II. Эта теория объяснила все опытные факты, накопленные исследованиями предыдущих лет и, кроме того, предсказала новое особенное явление в гелии II, относящееся к процессу распространения звука. В 1944 г. это явление было установлено на опыте в Институте физических проблем. В этом отношении история гелия II даёт поучительнейший образец взаимодействия экспериментальных и теоретических методов в физике.

## 2. Факты

Первый парадокс. В состав обычного студенческого практикума по физике входит работа по определению вязкости (трения) жидкости. Это определение производится обыкновенно одним из следующих двух методов. Первый метод: движение жидкости, соприкасающейся с неподвижным твёрдым телом. Вязкость определяют по скорости истечения жидкости через круглую трубу. Вследствие наличия вязкости пограничный со стенками трубы слой жидкости прилипает к стенкам и тормозит движение внутренних слоев. Естественно, чем больше вязкость, тем меньше количество протекающей через трубу в единицу времени жидкости. Простая формула даёт возможность определить количественно вязкость жидкости, измерив, кроме объёма вытекшей жидкости, диаметр трубы, её длину и разность давлений на концах трубы. Второй метод: движение твёрдого тела в жидкости. Вязкость определяют по скорости падения твёрдого шарика, опущенного в жидкость. Из-за трения шарик при своём падении увлекает прилежащие слои жидкости. Поэтому он расходует часть своей энергии на приведение в движение жидкости. Это обуславливает появление силы сопротивления, препятствующей движению шарика. При малой вязкости (например в воздухе) шарик падает под действием силы тяжести ускоренно, почти как в пустоте. При большой же вязкости, сила сопротивления уравновешивает силу тяжести, и шарик дви-

жется равномерно. И простая формула позволяет определить количественно вязкость жидкости, измерив скорость шарика, его вес и диаметр и плотность жидкости.

В обоих методах используется одно и то же свойство жидкости: наличие трения между твёрдым телом и прилегающим к нему слоем жидкости и между слоями самой жидкости. И ясно, что численное значение вязкости жидкости должно быть одним и тем же, независимо от того, измерено ли оно первым или вторым способом. Иначе была бы бессмысленной сама постановка подобных опытов с измерительной целью. Действительно, задачей, ведь, является в данных условиях опыта — определить некую величину, не зависящую от условий опыта, а характеризующую жидкость как таковую. Надо, чтобы, пользуясь измеренной уже в данных условиях величиной вязкости, можно было предсказать поведение жидкости в других разнообразных условиях. Только тогда понятие о каком-либо физическом свойстве тел (вязкости в данном случае) приобретает не неопределенно-общий, а конкретный количественный (и утилизируемый) смысл.

Кеезом с сотрудниками исследовал вязкость жидкого гелия методом, по типу подходящим к второму из описанных выше методов, — методом движения твёрдого тела в жидкости. Вязкость жидкого гелия мала, поэтому непосредственно способ падения шарика плохо пригоден. В этом случае лучше использовать не движение падения, а колебательное движение. Действительно, малое сопротивление воздуха всё же приводит к уменьшению размаха (затуханию) колебаний маятника даже при отсутствии трения в его опоре. Чем больше вязкость среды, тем быстрее происходит затухание колебаний. Кеезом измерил затухание крутильных колебаний диска, погружённого в жидкий гелий. Вязкость жидкого гелия II оказалась малой — в несколько тысяч раз меньшей, чем вязкость воды.

П. Л. Капица измерял вязкость гелия II по первому из описанных методов. Для устранения побочных обстоятельств, появление которых возмож-

но при малой вязкости, в опытах Капицы жидкий гелий протекал через очень узкую щель, образованную двумя полированными кварцевыми дисками; ширина щели доводилась до 0,3 микрона (0,0003 мм). Результат опытов оказался неожиданным — оказалось, что гелий II вовсе не имеет вязкости. Всякий опыт связан с определённой погрешностью. Поэтому нельзя утверждать на основании этих опытов, что вязкость гелия II точно равна нулю. Но можно указать то наибольшее значение вязкости, которое можно допустить на основе опытов Капицы. Это наибольшее значение оказывается приблизительно в миллиард раз меньше вязкости воды и почти в миллион раз меньше измеренного Кеезом. Это свойство гелия II, благодаря которому он способен течь без трения через тончайшие щели, Капица назвал сверхтекучестью. Сама по себе сверхтекучесть — достаточно удивительное явление. Но ещё более удивительным представляется противоречие между опытом Капицы и опытом Кеезома, в котором гелий II показывает хотя малую, но конечную вязкость. Оба вывода безупречны с точки зрения постановки эксперимента. И оба поставлены для определения принципиально одной и той же величины — трения в жидкости гелий II.

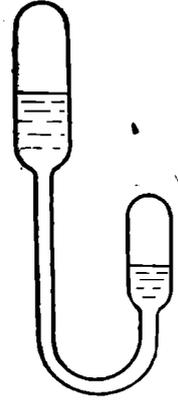
Второй парадокс. Представим себе два сосуда с жидкостью, сообщающиеся между собой через узкую трубочку, соединяющую их днища. Жидкость находится в равновесии, её уровни в обоих сосудах одинаковы. Пусть один из сосудов нагревается до температуры более высокой, чем второй. Тогда с любой жидкостью, кроме гелия II, ничего особенного не произойдет, кроме того, что температура в обоих сосудах со временем выравняется вследствие перехода тепла от более нагретой к менее нагретой части жидкости. С гелием же II произойдет следующее. Прежде чем успеет выравняться температуры двух сосудов, жидкий гелий станет перетекать из менее нагретого сосуда в более нагретый и установится там на более высоком уровне. Иначе говоря, обычная жид-

кость находится в равновесии в сообщающихся сосудах, если её уровень (или давления) в обоих сосудах одинаковы; гелий II находится в равновесии, когда его уровень (давление) больше в том сосуде, где выше температура. Внешне это похоже на тот случай, когда в разных сосудах находится жидкость неодинаковой плотности (например вода и ртуть). Но коэффициент температурного расширения гелия II мал, и изменение его плотности с температурой ничтожно. К тому же заметная разность уровней наблюдается при разностях температур в тысячные доли градуса, так что здесь мы имеем дело именно со странным случаем равновесия при неравенстве давлений.

Это явление обратимо. Если разность температур вызывает разность давлений, то оказывается, что разность давлений вызывает разность температур. Именно, если гелий II имеет вначале одну и ту же температуру в обоих сосудах, причём его уровень в первом сосуде выше, то при перетекании жидкости из первого сосуда во второй температура во втором станет ниже, чем в первом. Обнаружив это явление, П. Л. Капица тем самым открыл новый способ охлаждения, принципиальную возможность достижения температур, сколь угодно близких к абсолютному нулю. Гелий, протекий под давлением через узкую трубку, приносит с собой холод.

Третий парадокс. Свои опыты по определению вязкости гелия II при протекании его через узкую щель Капица предпринял в связи с опытами Кеезома по теплопроводности гелия II. Кеезом с дочерью обнаружили чрезвычайно большую теплопроводность гелия II, измеряя передачу тепла через трубки с жидким гелием. Эта теплопроводность оказалась в миллион раз больше, чем у такого хорошего проводника тепла, как медь. (Впоследствии Капица наблюдал теплопроводность еще в 20 раз большую.) Кеезом назвал это свойство гелия II сверхтеплопроводностью. Сочетание малой вязкости с большой теплопроводностью непонятно. Атомистическая природа теплопроводности и вязкости сходна и сводится

к тепловому движению молекул жидкости. Вследствие теплового движения молекулы одного слоя жидкости сталкиваются с молекулами другого слоя и обмениваются при столкновениях энергиями. Если один слой более нагрет, то его молекулы богаче энергией и при столкновениях передают часть своего избытка молекулам более холодного слоя — в этом и состоит теплопроводность. Если один

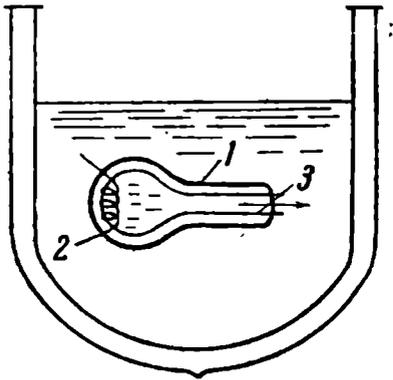


Фиг. 1. Равновесие гелия II в сообщающихся сосудах.  
В сосуде слева температура выше.

слой жидкости в целом движется в некотором направлении, то его молекулы имеют избыток количества движения в этом направлении и, при столкновениях с неподвижным слоем, передают его молекулам часть этого избытка. При этом движущийся слой жидкости теряет часть своей скорости, а слой, бывший неподвижным, приобретает скорость — в этом и состоит трение. Из этой картины видно, что вязкость и теплопроводность — свойства параллельные, и странно, что у гелия II одно из них ненормально мало, а другое — ненормально велико. Такие и более строгие количественные соображения привели Капицу к убеждению в том, что механизм передачи тепла в гелии II не обычный молекулярный. Капица предположил, что тепло в гелии II переносится посредством конвекции, т. е. движения нагретых масс жидкости в направлении падения температуры. Сверхтекучесть гелия II облегчает такие движения, и, таким образом, сверхтеплопро-

водность есть следствие сверхтекучести. Однако оказалось, что нужная величина конвекционной теплопроводности получится, если только предположить течение гелия в трубке с гигантской скоростью — 1000, м в секунду, и исследование показало, что существование таких потоков допустить никак невозможно.

Всестороннее изучение процессов передачи тепла и образования потоков в жидком гелии привели Капицу



Фиг. 2. К опыту Капицы.

1 — колбочка; 2 — нагреватель; из горлышка 3 вытекает струя жидкости во внешний сосуд.

к следующему замечательному опыту (фиг. 2). В сосуд с гелием II погружается колбочка (которая при этом, естественно, также заполняется жидким гелием). Внутри колбочки жидкий гелий подогревается при помощи проволоки, через которую пропускается электрический ток. Тогда возникает непрерывный поток гелия II, выходящий через горлышко колбочки наружу. Этот поток Капица обнаруживал посредством лёгкого крылышка, помещённого у горлышка во внешнем сосуде. Выходящая из колбочки струя жидкости отклоняла крылышко, подвешенное к нити на коромысле. По закручиванию нити определялись давление струи и её скорость. Она оказалась небольшой — несколько сантиметров в секунду — в соответствии со сказанным выше о невозможности сведения всей теплопроводности гелия II к конвекционным потокам. Но следует обратить внимание на совершенно другое обстоятельство. Жидкость непрерывно вытекает из един-

ственного отверстия колбочки. Через короткое время она бы вся вытекла, если бы колбочка как-то не наполнялась вновь. Но крылышко показывает, что струя гелия II направлена только в одном направлении. В целях обнаружения обратного потока, пополняющего запасы жидкости в колбочке, Капица видоизменял в разнообразных вариантах условия опыта, варьируя положением крылышка относительно отверстия колбочки и площадью этого отверстия. Результат оставался всегда один. Крылышко всегда показывало только наличие потока гелия II из колбочки во внешний сосуд и никогда обратного.

Эту поразительную, напоминающую цирковую иллюзию, картину непрерывного вытекания жидкости из ограниченного объёма мы в первую очередь имели в виду, называя свойства гелия II самым явственным из квантовых явлений.

### 3. Теоретическая картина

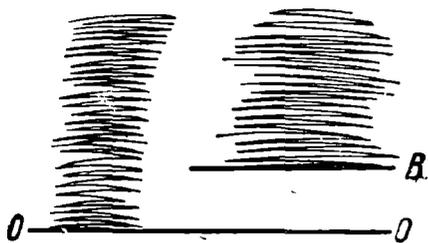
Особенности поведения гелия II, как те, которые выше, быть может несколько произвольным образом сгруппированы в три парадокса, так и другие, которые не были упомянуты, находят своё естественное место в общей картине, даваемой теорией Ландау. Прежде всего Ландау выяснил природу возникновения сверхтекучести. Представим себе жидкость, текущую по трубке при температуре абсолютного нуля. Температура абсолютный нуль означает, что в жидкости отсутствуют беспорядочные тепловые движения. Вся её энергия есть кинетическая энергия движения жидкости как целого. Из-за трения о стенки трубки скорость движения жидкости уменьшается. Это значит, что часть кинетической энергии поступательного движения жидкости переходит в энергию теплового движения (действительно, из-за трения жидкость нагреется). Видимое отсутствие трения (и, следовательно, сверхтекучесть) означает невозможность возникновения таких тепловых движений. Как раз запрет определённых движений является одной из основных черт квантовой теории. Так, из квантовой

теории следует, что электрон в атоме может двигаться только по определённым орбитам, на которых его энергия принимает определённые, резко разграниченные между собою значения (так называемые уровни энергии). Именно поэтому атомы оказываются устойчивыми, именно так объяснены свойства атомов принимать и отдавать энергию только вполне определёнными порциями. Каждый атом и, вообще, каждая механическая система характеризуются своим набором энергетических уровней или, как говорят, энергетическим спектром. Как такую систему, следует рассматривать и массу жидкости. Ее внутренние движения тоже образуют систему уровней, спектр энергии. При абсолютном нуле жидкость находится на основном, наименьшем, энергетическом уровне (отсутствие тепловых движений). Если ближайший к основному уровень энергии жидкости отстоит от него на некотором расстоянии, то может оказаться, что взаимодействие жидкости со стенками трубки (выражающееся в трении) не в состоянии «подбросить» её до этого уровня, а меньшей порции энергии она принять не может, ибо в ней не может быть соответствующего движения, которому отвечала бы такая энергия. И тогда жидкость будет вести себя так, как будто никакого взаимодействия со стенками, никакого трения нет.

Здесь дело обстоит так же, как при давно обнаруженных на опыте и впоследствии объяснённых квантовой теорией явлениях при бомбардировке атомов электронами. Медленные электроны совершенно не передают своей энергии атомам при столкновениях с ними (как если бы вовсе не сталкивались). Но если сообщить электронам энергию, достаточную для перевода атома на высший уровень энергии, такие столкновения сразу обнаружатся.

Очевидно, таков и есть механизм сверхтекучести жидкого гелия при абсолютном нуле. Оказывается, что трение о стенку вызвало бы тепловые движения в жидкости, обязательно имеющие характер вихрей. Поэтому достаточно, чтобы скачок энергии

(или «энергетическая щель») имел место между низшим («основным») уровнем и первым уровнем вихревых движений. Движения же безвихревые могут иметь уровни энергии, совсем близкие к основному. На фиг. 3 изображена такая схема энергетических уровней гелия II. Надо отметить, что расстояния между всеми соседними уровнями очень малы (на фиг. 3 они зачерчены сплошь). Это всегда имеет место у систем, состоящих из столь большого числа частиц, как число атомов в жидкости. Существенна



Фиг. 3. Энергетический спектр жидкого гелия. 0—0—основной уровень, слева уровни безвихревых движений, справа—вихревых; 0—B—энергетическая щель.

лишь щель между основным уровнем и первым уровнем вихревых движений. Она и не даёт возможности преобразования поступательного движения жидкости в движения внутренние.

Так теория находит для сверхтекучести естественное место среди других квантовых свойств вещества. Может быть, на первый взгляд способ объяснения вызывает чувство неудовлетворённости. Теория не выводит сверхтекучести из элементарных свойств атомов гелия и не предвычисляет величины энергетической щели между основным состоянием и вихревыми движениями. Возможно, что в этом пункте теория ещё нуждается в завершении. Но следует заметить, что теория вовсе не всегда может ставить себе такие цели. Невозможно вычислить, что вода должна кипеть при  $100^{\circ}\text{C}$ , замерзать при нуле и иметь наибольшую плотность при  $4^{\circ}\text{C}$ , хотя, несомненно, эти три точки вытекают из свойств атомов кислорода и водорода. Квантовая теория объяснила периодическую систему элементов и природу химической связи, но она не

берётся объявить ненужной химию с её специфическими методами исследования и предсказать уже чисто умозрительно весь её колоссальный опытный материал. Теоретическая аэродинамика — высоко развитая наука, но модели конструкций самолётов всё же надо обдувать в аэродинамической трубе, причём при отсутствии теории обдувание дало бы очень мало пользы. В данном случае теория указывает, что нет никаких оснований к отсутствию щели в энергетическом спектре жидкого гелия, хотя ближе в природу этой щели не вникает. Центр внимания переносится на то, что из существования щели следует сверхтекучесть, а с последней связаны (как о том будет речь ниже) все другие свойства гелия II, причём теория отнюдь не носит качественный характер. Она даёт определённые количественные зависимости и, заимствуя некоторые числовые данные из опыта, предсказывает другие, относящиеся к другого типа опытам.

Итак, гелий при абсолютном нуле — сверхтекучая жидкость, в которой невозможно образование вихрей. Такая жидкость под названием «идеальной» очень подробно изучалась (ещё выше ста лет назад) в математической гидродинамике. Она обладает одним чрезвычайно интересным свойством. Обтекая погружённое в неё твёрдое тело, такая жидкость не оказывает на него никакого воздействия, производя одинаковое давление на все стороны тела. Результирующая сила, которая возникает в реальной жидкости, связана, как показывает гидродинамика, только с появлением вихрей, а вихри возникают вследствие вязкости. Как бы мала ни была вязкость реальной жидкости или газа, она всё-таки приводит к образованию вихрей (обтекаемость формы быстроходных автомобилей и самолётов — это есть способ борьбы с образованием вихрей, тормозящих движение). В гелии при абсолютном нуле вихри принципиально возникнуть не могут, поэтому он ведёт себя в точности идеальной жидкостью.

Но случай, рассмотренный до сих пор, сам носит «идеальный» характер,

ибо он относится к абсолютному нулю. При температурах, отличных от абсолютного нуля, в жидком гелии уже существуют внутренние тепловые движения как невихревого, так и вихревого типа, так что предыдущие заключения о сверхтекучести непосредственно не имеют места. Чрезвычайно остроумный и тонкий анализ, произведенный Л. Д. Ландау, привёл в результате к очень простому способу — ключу, дающему возможность разобраться в гелиевых парадоксах.

В квантовой теории, объяснившей корпускулярно-волновой дуализм света и электронов, всегда частицы сопутствуют некоторые свойства волнового процесса, а волновому движению — некоторые свойства частиц. В частности это относится к тепловым движениям в жидком гелии, которые имеют характер волновых движений. Ландау доказал, что эти движения следует наделять, подобно частице, определённой массой, так что полная масса всей жидкости разделяется на две части: одну надо приписать основному состоянию, другую — тепловым движениям.

Чем выше температура, тем больше тепловых движений в жидком гелии, тем большая часть массы жидкости относится к этим тепловым движениям и тем меньшая часть массы остается за основным состоянием. Наконец, при некоторой температуре вся масса жидкого гелия уже будет принадлежать тепловым движениям. Это и будет температура перехода гелия II в гелий I, равная  $2.19^{\circ}$ . Выше этой температуры гелий ведёт себя как обыкновенная «нормальная» жидкость. При понижении же температуры ниже  $2.19^{\circ}$  из жидкости как бы выпадает осадок, садящийся на наинизший энергетический уровень: чем ниже температура, тем больше осадок. И в интервале между абсолютным нулем и точкой перехода гелий представляет собой как бы смесь или раствор двух жидкостей: одной нормальной, имеющей температуру точки перехода  $2.19^{\circ}$ , и другой — сверхтекучей с температурой нуль (температура гелия II есть при этом средняя температура этих двух жидкостей). Ландау построил гидродинамику та-

кой жидкости-раствора, уравнения которой описывают поведение гелия II так же хорошо, как уравнения обычной гидродинамики — обыкновенную жидкость.

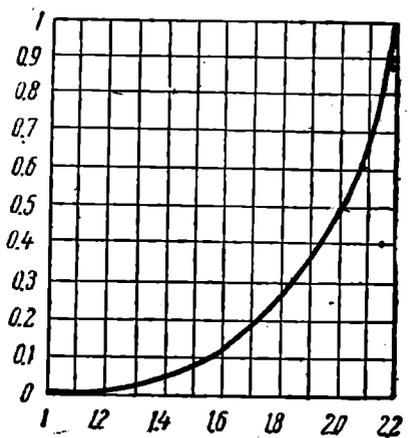
В этой простой картине смеси двух жидкостей есть место для всех фактов, изложенных в предыдущей главе. Разберём их по порядку.

1) Определение вязкости по Капице. В сосуде, вытекание из которого наблюдается, находятся две жидкости — нормальная и сверхтекучая. Нормальная жидкость из-за трения не может (или, точнее, плохо может) вытекать через очень узкую щель толщиной в доли микрона. Но сверхтекучая жидкость, для которой трения не существует, может вытекать беспрепятственно. Экспериментатор наблюдает факт вытекания жидкости, не различая её сорт. Поэтому, измеряя общее количество вытекшей жидкости, он сделает вывод о сверхтекучести гелия II.

1а) Определение вязкости по Кеезому. Диск, погруженный в гелий II, не испытывает в своих колебаниях сопротивления со стороны сверхтекучей жидкости. Но тут же есть и нормальная жидкость, обладающая вязкостью. Она вызывает, хотя и малое, но наблюдаемое на опыте затухание колебаний диска. Поведение гелия II в этих двух опытах (Капицы и Кеезома) допускает следующую довольно точную электрическую аналогию. Пусть мы имеем два проводника, причём сопротивление одного конечно, а другого — нуль. Если включить в некую электрическую цепь эти два проводника соединёнными последовательно, то она будет вести себя так, как если бы был включен только первый проводник, а второй отсутствовал. Если же соединить наши два проводника параллельно, то цепь будет себя вести так, как если бы существовал только второй проводник. Две жидкости аналогичны двум проводникам, их вязкости — сопротивлениям; опыт Кеезома соответствует последовательному соединению, а опыт Капицы — параллельному.

2) Равновесие гелия II в сообщающихся сосудах. Переведём условия опыта на язык картины гелия II,

как раствора двух жидкостей, скажем, сверхтекучей жидкости в нормальной. В первом сосуде температура выше, это значит, что по сравнению со вторым в нём больше нормальной жидкости и меньше сверхтекучей жидкости, т. е. имеем растворы разных концентраций. Между двумя сосудами тоненькая трубочка; она эквивалентна полупроницаемой перегородке, ибо через неё свободно проходит растворённое вещество (сверхтекучая жид-



Фиг. 4. Количество нормальной жидкости в гелии II.

По горизонтальной оси — абсолютная температура; по вертикальной — отношение „нормальной“ массы к общей массе гелия II. При 1° оно ещё очень мало, при 2 — равно 1.

кость) и плохо проходит растворитель (нормальная жидкость). Раз так, то должно произойти явление осмоса — растворённое вещество будет проходить через перегородку в сторону меньшей концентрации, пока давления его с двух сторон перегородки не выравняются. Это и имеет место в разбираемом опыте. Сверхтекучая жидкость течёт против разности температур, пока её количества в двух сосудах не становятся одинаковыми. Но нормальной жидкости (т. е. растворителя) в первом сосуде больше, и нормальные жидкости между собой как бы не сообщаются (тонкая трубка, т. е. перегородка). Поэтому в первом сосуде общий уровень гелия II повысится. Узкая трубка, конечно, не абсолютно преграждает путь нормальной жидкости, со временем их уровни сравняются, но выравняются и температуры.

2а) Понижение температуры при вытекании гелия II. Объяснение этого эффекта уже содержится в трактовке опыта Капицы по определению вязкости. Из узкой щели трубки вытекает сверхтекучая жидкость. Но она имеет температуру абсолютного нуля. Поэтому, втекая в сосуд, в котором жидкость имеет температуру, отличную от нуля, сверхтекучая жидкость её охлаждает.

3) Опыты Капицы по наблюдению потоков в гелии II и теплопроводность. Прежде всего, как попадает гелий обратно в колбочку фиг. 2? Для ответа вспомним, что сверхтекучая жидкость обтекает твёрдые тела, как «идеальная жидкость». Значит, её течение не может вызвать отклонений крылышка, которое ставил Капица в своих опытах. Отклонения крылышка могли быть вызваны только потоком нормальной жидкости, и опыты Капицы показывают, что из колбочки вытекает нормальная жидкость. И то, что внутри колбочки гелий не иссякает, показывает, что тут же имеет место встречный поток сверхтекучей жидкости, не отмечаемый крылышком. Причина такого течения из более холодного места в более нагретое — осмотическое давление сверхтекучей жидкости той же природы, как и в опыте, разобранном выше. В существовании таких встречных потоков и состоит механизм теплопередачи в гелии II. Приходя к источнику тепла (нагреватель на фиг. 2), сверхтекучая жидкость превращается в нормальную. Этот переход подобен плавлению льда и происходит с поглощением тепла, аналогичного скрытой теплоте плавления и равной теплоте, потребной на нагревание гелия от 0 до  $2.19^{\circ}$ . Образовавшаяся нормальная жидкость течёт в сторону понижения температуры, вытесняемая новым потоком сверхтекучей жидкости. Теплопередача состоит из конвекции (с небольшими скоростями, измеренными Капицей) и непрерывного перевода сверхтекучей жидкости в нормальную. Количественный анализ показывает, что такой перенос тепла согласуется с высокой теплопроводностью ге-

лия II, наблюдавшейся Кеезомом и Капицей.

Для освоения представления о двух струях жидкости, текущих на встречу, проникая одна сквозь другую, не смешиваясь и не мешая одна другой, не следует слишком буквально (механистически) принимать представление о смеси двух жидкостей. Оно не означает, что одна определённая часть жидкости нормальна, а другая — сверхтекуча, что данный атом гелия относится к одной, а другой — к другой жидкости. Вся жидкость, все атомы частично участвуют в тепловом движении, и масса нормальной жидкости не есть сумма масс «атомов нормальной жидкости», а сумма масс, которыми обладают волнообразные тепловые движения. Возникновение двух потоков — существенно квантовый эффект. Квантовая теория в строгом смысле не даёт наглядного описания явлениям. Она не приписывает электрону, движущемуся в атоме, определённой величины и направления скорости. В случае гелия II она позволяет приписывать каждой точке жидкости две скорости, одновременное участие в двух потоках — нормальном и сверхтекучем. Таков точный смысл гидродинамики Ландау. Он, однако, не усматривает никаких неточностей в наглядной картине свойств гелия II разобранной выше.

#### 4. Второй звук

Из своих уравнений гидродинамики гелия II Ландау вывел, что, в отличие от всех обычных жидкостей и газов, в гелии II возможно распространение не одного, а двух типов звуковых колебаний. Эти колебания отличаются прежде всего скоростью распространения. Первый, или обыкновенный, звук имеет скорость 240 м в секунду. Второй, специфический для гелия II, звук (при «средних» температурах от 1.1 до 1.8 абсолютных градусов) должен иметь скорость, приблизительно, в 26 м в секунду, т. е. почти в десять раз меньше, чем первый. При температуре перехода  $2.19^{\circ}$  второй звук исчезает — скорость его обращается в 0.

Причина этой особенности коре-

нится в том, что гелий II есть тонкая смесь двух жидкостей с разными свойствами. Колебания отдельных объёмчиков жидкости могут быть двух типов. Оба сорта жидкости могут колебаться вместе как целое. Это будет похоже на колебания в обычной жидкости. И это есть обыкновенный («первый») звук в гелии II. Или оба сорта жидкости могут колебаться «в противофазе», двигаясь всё время в противоположных направлениях. Это и есть «второй звук», невозможный в обычной жидкости. В нём каждый объёмчик жидкости не движется в целом, поэтому он почти не вызывает изменений давления (очень небольшое давление имеет место за счёт изменения плотности жидкости из-за возникающей разности температур, о которой ниже). Поэтому второй звук очень трудно как создать, так и наблюдать обычным способом — давлением. И действительно, если возбуждать колебания в гелии II пульсацией шарика или колебаниями мембраны, то будет распространяться практически только первый звук.

Но колебания в противофазе — это не что иное, как мелкие встречные потоки нормальной и сверхтекучей жидкости. А такие потоки вызываются разностью температур, и сами они вызывают изменения температуры (в соответствии с механизмом теплопередачи в гелии II и свойствами потоков, рассмотренными в предыдущей главе). Поэтому второй звук можно возбудить посредством периодического изменения температуры в определённом месте в гелии II и затем наблюдать звуковые волны так же по изменениям температуры. Из предыдущего видно, что «второй звук», в общем, мало похож на звук в обычном смысле слова. Ландау предложил для него термин «тепловой звук», а Капица — «волны Ландау». Кроме температурного способа (указанного Ландау), Капица указал на возможность возбуждения второго звука посредством продольных колебаний тонкой пластинки. При своем движении пластинка будет увлекать с собой только нормальную жидкость, имеющую вязкость, поэтому появится скорость нормальной жидкости по отно-

шению к сверхтекучей, что и характерно для второго звука.

Количественный анализ всех способов возбуждения звука в гелии II был дан, на основе гидродинамики, Ландау, Лифшицем в Институте физических проблем. Опыты по наблюдению второго звука были сделаны Пешковым там же.

В опытах Пешкова второй звук возбуждался температурным способом. Периодическое изменение температуры создавалось нагревателем — проволокой, погруженной в гелий II, через которую пропускался переменный ток определённой частоты. Тогда в остальной массе гелия II должны распространяться колебания температуры, причём фазы этих колебаний зависят от расстояния до нагревателя и скорости второго звука. В некоторой пробной точке в гелии II погружался «термометр» — бронзовая проволока, на которую подавалось электрическое напряжение от того же источника, который питал нагреватель. Из-за зависимости сопротивления бронзы от температуры в «термометре», кроме переменного тока, возникал ещё постоянный ток, который непосредственно мог быть измерен гальванометром. Величина этого выпрямленного тока как раз зависит от разности фаз колебаний температуры нагревателя и «термометра». Периодическое изменение показаний гальванометра при перемене места «термометра» давало возможность определить длину волны и, следовательно, скорость звука. Она оказалась равной 20 м в секунду, что следует считать хорошим совпадением с цифрой, предсказанной теорией.

В заключение необходимо отметить, что изучение свойств гелия II ещё нельзя считать законченным. Ряд проблем ещё нуждается в дальнейшем экспериментальном и теоретическом исследовании. Это прежде всего относится к области больших, так называемых критических, скоростей, при которых картина явлений существенно видоизменяется.

Упомянем ещё о двух работах, выполненных в Институте физических проблем в период, когда настоящая статья находилась в печати.

1) В. Пешков наблюдал второй звук в гелии II методом стоячих волн. Это позволило более точно (до 0.2%) определить скорость распространения второго звука и её температурную зависимость.

2) При построении теории гелия II Ландау указал на следующее простейшее следствие представления о наличии двух составляющих этой жидкости. Если вращать наполненный жидким гелием II сосуд, то последний увлечёт своим вращением только нормальную часть жидкости (на сверхтекучую жидкость стенка никак не может воздействовать — между ними нет трения). Таким образом нормальная жидкость вращается, а сверхтекучая неподвижна. С изменением температуры меняется относительное количество этих двух составляющих. На опыте это должно проявляться как изменение вращательной способности сосуда с гелием II (его момента инерции). При температуре абсолютного нуля сосуд должен вести себя как пустой, при тем-

пературе  $2.19^{\circ}$ , — как наполненный жидкостью (тоже достойный внимания парадокс). Измерение на опыте момента инерции сосуда является, таким образом, наиболее непосредственным способом определения относительного количества нормальной и сверхтекучей жидкости и его зависимости от температуры. Такой прямой и отчётливый по своей трактовке опыт очень трудно осуществить практически. Недавно Э. Андронникошвили удалось, при помощи разработанной им тонкой экспериментальной методики, произвести эти измерения и наблюдать описанный эффект. Измерения полностью подтвердили правильность теоретических представлений.

#### Литература

- [1] П. Л. Капица. Журн. exper. и теор. физики, 2, 1941, стр. 1.— [2] P. L. Kapitza Journal of Physics, 5, 1941, p. 59.— [3] L. Landau. Ibid., p. 71.— [4] Е. Лифшиц. Журн. exper. и теор. физики, 14, 1944, стр. 116.— [5] V. Peshkov. Journal of Physics, 8, 1944, p. 381.

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ЭВОЛЮЦИИ ФОРМООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЗАКОНЫ КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИОЛОГИИ

Акад. И. И. ШМАЛЬГАУЗЕН

В последнее время в биологии всё более назревает потребность синтеза многочисленных новых данных, быстро накапливающихся в бурном развитии отдельных биологических дисциплин. Это стремление к синтезу даёт порою блестящие результаты. Напомню значение объединённых исследований генетиков и цитологов в развитии хромосомной теории. Сошлюсь на новейшее биохимическое направление в цитогенетике, обещающее не только вскрыть основы наследственной изменчивости, но и объяснить её реализацию в процессе индивидуального развития организма. Через биохимию устанавливается понимание закономерности наследственности, изменчивости и индивидуального развития органических форм. Биохимия даёт нам также более глубокое понимание и тех индивидуальных реакций организма, которые мы называем физиологическими. С другой стороны, на базе учения Дарвина идёт синтез филогенетической систематики, эволюционной морфологии и физиологии с экологией и с популяционной генетикой. Мы видим уже стройные контуры величественного здания новой биологии, воссоединяющей в одной целостной системе знания все частные дисциплины, недавно ещё бывшие столь разрозненными, столь специализированными, что, казалось, трудно было найти для них общий язык.

Мы остановимся только на наиболее, казалось бы, естественной связи двух дисциплин — морфологии и физиологии, которые возникли из одного корня и, несмотря на разработку совершенно различных методов исследования, на далеко идущую специализацию, всегда сознавали свою взаимозависимость и общность своих целей.

Единство формы и функций — не

пустая фраза без содержания. С какой бы стороны физиолог ни подходил к изучению жизненных процессов, он не может обойтись без основательного знания того субстрата, на котором разыгрываются эти процессы. Физиолог должен быть морфологом. С другой стороны, и морфолог не может научно познать строения органа, не зная его функций. Эти положения уже давно стали truизмом. Общность интересов этим не ограничивается. В последнее время многократно подчёркивалась необходимость теснейшей связи между эволюционной морфологией и эволюционной физиологией для совместной работы по установлению закономерности исторического развития организмов, их функций и основных жизненных процессов.

Однако ясно, что и этим не исчерпывается связь между морфологией и физиологией. Когда морфолог переходит к изучению факторов индивидуального развития, к исследованию морфогенетических процессов или «динамики развития» организмов, то морфолог действительно становится физиологом. Здесь уже нельзя провести никаких граней между обеими дисциплинами — здесь и предмет исследования и даже его методы в значительной мере совпадают. Морфогенетические процессы — не только другая сторона физиологических процессов, не только их неизбежные корреляты. Между ними действительно стираются всякие грани. Если до последнего времени для морфогенетических процессов считалось характерным изменение структуры субстрата, т. е. изменение формы (в широком смысле), то в настоящее время морфологи изучают с неменьшим успехом и процессы невидимого изменения субстрата в явлениях так называемой

детерминации и хемодифференциации. Если говорить о критериях, позволяющих всё же подчеркнуть какое-то различие, то я бы полагал возможным отметить лишь большую скорость и более лёгкую обратимость физиологических процессов (с их морфологическими изменениями) по сравнению с более косными морфогенетическими процессами.

Вся эта связь физиологических и морфогенетических процессов должна быть понятна, если мы обратим внимание на то, что в основе обоого ряда явлений лежат обуславливающие их биохимические процессы. Как морфогенетические, так и физиологические процессы, будучи разными выражениями одних и тех же биохимических изменений, естественно подчиняются одним и тем же закономерностям. На некоторые такие закономерности я и хочу обратить внимание, так как данные морфологии помогают, как мне кажется, вскрыть значение и происхождение этих закономерностей в процессе эволюции.

Речь идет о закономерностях в эволюции компонентов, морфогенетических систем и в эволюции самого характера формообразовательных реакций.

### Эволюция форм реагирования на внешние факторы

Сравнивая формы реагирования мутантных форм и нормальных, формы неприспособительного и приспособительного реагирования на изменения в факторах внешней среды, можно уже получить некоторое представление о путях эволюции морфогенетических реакций типа модификационных изменений. С другой стороны, из сравнения морфогенетических реакций в формообразовательных системах, стоящих на разном уровне филогенетического развития, можно вывести заключение о путях эволюции этих систем и морфогенетических реакций на внутренние факторы развития.

В формах реагирования на изменения во внешних факторах мы можем различать примитивные формы неприспособительного реагирования. Назовем их элементарными модификациями. Они нахо-

дят свое наиболее яркое выражение в изменениях мутантных форм. Кроме того, мы можем установить существование ряда очень простых модификаций «нормальных» форм, приспособительное значение которых вызывает большие сомнения. Они обыкновенно мало выражены в нормальных условиях существования, но выступают более ярко в сильно уклоняющейся внешней среде. Наконец, можно говорить о многих приспособительных реакциях, как о бесспорно вторичных формах реагирования, установившихся в процессе длительной эволюции «нормального организма» в обычной для него разнообразной и изменчивой внешней среде. Это и будут всем хорошо известные явления адаптивных модификаций.

Примитивные формы реагирования (элементарные модификации) характеризуются явной зависимостью их выражения от интенсивности внешнего фактора. Внешний фактор оказывает известное специфическое влияние на реакцию, хотя, конечно, её качество в основном зависит от реагирующего субстрата. Так реагируют, как правило, новые признаки, отличающие мутантную форму от установившейся формы. Примерами таких реакций, совершенно лишённых какого-либо приспособительного значения, могут послужить изменения выражений известных мутаций дрозофилы: уродливого брюшка — *abnormal abdomen* или безглазия — *eyeless* при изменении влажности питательной среды, на которой воспитываются личинки этой мухи. То же самое видно на температурных реакциях мутаций полосковидных глаз — *bar*, *ultra-bar* и *infra-bar* (Hersh). У мутации *bar* уменьшённое по сравнению с нормой число фасеток глаза ещё более уменьшается при повышении температуры культивирования. Между выражением мутации и интенсивностью внешнего фактора имеется непрерывная связь. При повышении температуры культивирования с 15 до 30° число фасеток глаза неуклонно падает с 120—200 примерно до 40 фасеток. Подобную же зависимость показывает мутация

ultra-bar. У мутации *infra-bar* температурная реакция имеет противоположное направление — величина глаза увеличивается при повышении температуры с 15 до 30° примерно в два раза, но эта зависимость имеет тот же монотонный характер простой логарифмической (экспоненциальной) функции. У мутации рудиментарных крыльев той же дрозофилы величина крыловой пластинки находится в подобной же зависимости от температуры культивирования (Hagney). Длина крыловой пластинки мутации *vestigial* увеличивается при поднятии температуры с 18 до 31° — у самки с 0.61 до 1.12 мм, а у самца с 0.64 до 1.70 мм. У мутации *penant* при изменении температуры с 16 до 30° длина крыла, наоборот, уменьшается — у самки с 2.76 до 2.00 мм, а у самца с 2.50 до 1.81. Характер зависимости и здесь очень простой — по тому же типу экспоненциальной функции, как и в мутациях полосковидных глаз. Интересно, что у гетерозиготы *vestigial/penant* (это аллеломорфные мутации) температурная реакция теряет свой монотонный характер. При поднятии температуры с 16 до 32° величина крыла сначала уменьшается (у самки с 2.25 до 1.33 мм), а затем увеличивается (у самки с 1.33 до 2.05 мм). Теперь характер зависимости несколько усложнился — она выражается, по видимому, цепной функцией. При этом в температурном диапазоне от 22 до 26° величина крыловой пластинки остается практически почти одинаковой. В этом мы видим как бы начатки новых, более сложных форм реагирования, о которых речь будет дальше. Все эти реакции не имеют приспособительного значения. Однако в температурной реакции *vestigial* мы видим, по крайней мере, источники для возможного развития адаптивной реакции. Она могла бы приобрести приспособительное значение, если бы плотность воздуха менялась несколько более заметно при обычных колебаниях температуры. Тогда увеличение крыловой пластинки в менее плотной среде представлялось бы нам в виде адаптивной модификации. То же самое касается и температурной реакции мутации *infra-bar*: увеличение по-

ля зрения при повышении температуры и соответственно повышенной активности мухи могло бы оказаться полезным индивидуальным приспособлением.

Примитивные формы неприспособительного реагирования наблюдаются не только у мутаций. Они встречаются и у нормального организма. Однако они всегда выражены гораздо слабее, чем у мутантов. Норма всегда более устойчива в своем формообразовании, чем любая мутация. Все же неприспособительные модификации сохраняют свою непосредственную зависимость от интенсивности внешнего фактора.

И нормальные дрозофилы реагируют на повышение температуры культивирования уменьшением величины крыловой пластинки (подобно *vestigial*) и уменьшением величины глаза (подобно *bar*). Однако эти реакции весьма мало заметны. Число фасеток глаза уменьшается у нормальной дрозофилы при повышении температуры культивирования с 15 до 30° с 1000 до 800, т. е. только на 20%. Эти реакции не адаптивны, и они у нормальных особей, очевидно, подавляются в процессе их эволюции развитием каких-то регуляторных механизмов.

Модификации нормального организма в необычных условиях имеют, как правило, также неприспособительный характер и вместе с тем и явно отражают влияние интенсивности внешнего фактора. Не будем здесь говорить о таких резких влияниях, как рентгеновские лучи, сублетальные температуры или воздействие ядовитых веществ, которые, как известно, вызывают образование всевозможных морфозов или «фенокопий». Даже при гораздо более распространенных интенсивностях температуры, света, влияния солёности воды и т. п. модификации часто оказываются неприспособительными. В известном примере модификаций рачка *Artemia salina* в воде разной солёности не видно явных признаков адаптивности. Если у *Artemia salina* в воде возрастающей солёности всё более уменьшается число хвостовых щетинок, то это означает лишь недоразвитие брюшка, его фурк и щетинок в условиях ненормальной

среды. Видеть в этих изменениях приспособление к парению в более плотной среде было бы натяжкой. Это в особенности подтверждается тем, что своего полного развития *Artemia salina* достигает в воде оптимальной для неё солёности. При дальнейшем опреснении воды (ниже 0.1015 уд. веса по данным А. Абоуи, 1915) происходит вновь уменьшение числа щетинок. Такое же недоразвитие мы видим и в известных опытах Пиктэ (1905), выкармливавшего гусениц непарного шелкопряда на орешнике. И в этом случае уменьшение размеров тела и ослабление пигментации выражают лишь общее недоразвитие организма в условиях недостаточного питания.

Ничего нет адаптивного и в температурных изменениях окраски у бабочек и в соответствующих изменениях пигментации у птиц, в изменениях длины перьев и во многих других подобных «климатических» модификациях. Вместе с тем во всех случаях неадаптивных модификаций мы видим и относительно простой характер зависимости между изменением внешнего фактора и выражением модификации.

Вторичные формы реагирования связаны в своём возникновении почти всегда с явно приспособительным значением данной модификации. Характер зависимости реакции от внешних факторов оказывается в этих случаях гораздо более сложным.

Возможные пути для возникновения новых форм реагирования мы видим в комбинировании мутаций с различными формами реагирования, как мы это уже отметили для комбинации *vestigial/pennant* у дрозофилы. В этом случае мы наблюдаем смену направления реакции и видим выделение некоторой более устойчивой фазы (в диапазоне температур между 22—26°).

Возможность установления устойчивой нормы доказана также в экспериментах Камшилова, который путем отбора добился независимости в степени выражения мутации *eyeless* у дрозофилы от влажности питательной среды. Очевидно, это — результат отбора модификаторов, стабилизирую-

щих выражение *eyeless*. Конкретно выделение более устойчивых норм в процессе эволюции наблюдается, как сказано, на модификациях адаптивного значения. Известно, что у растений обнаруживается ясная зависимость величины и формы листовой пластинки от интенсивности освещения. Как правило, поверхность листа уменьшается на ярком свету и увеличивается в условиях затемнения. На основе этой реакции, имеющей, несомненно, адаптивное значение (максимальное использование света в тени и сокращение испарения на солнце), у многих растений происходит выработка особых «норм» в виде специально световых и теневых листьев, отличающихся по всему своему строению. Иногда между такими крайними формами имеются ещё переходы, развивающиеся при средних интенсивностях освещения. В других случаях развиваются только две резко ограниченные типичные нормы.

Таковы, например, различия между «круглыми» прикорневыми листьями на длинных черешках и узкими и длинными сидячими стеблевыми листьями у круглолистного колокольчика (*Campanula rotundifolia*). При известной степени затенения и на стебле можно получить развитие «круглых» листьев на длинных черешках. Здесь выработались две совершенно определённые формы листьев, и реакции их образования связаны с определёнными интенсивностями освещения. Для нас здесь важно отметить, что при известной степени интенсивности внешнего фактора формообразовательная реакция сразу и полностью переключается с одного пути развития на другой. Дальнейшее же изменение интенсивности того же фактора не меняет существа реакции. Норма остаётся в известных пределах совершенно неизменной. Здесь внешний фактор явно выступает в роли агента, лишь освобождающего течение известной, в деталях уже полностью детерминированной формообразовательной реакции. В этой определённости адаптивных реакций, в утрате монотонного характера зависимости от интенсивности внешнего фактора мы видим первые признаки выработки

более совершенных форм реагирования. Несомненно, это связано с установлением регуляторных механизмов, как бы защищающих нормальное формирование от случайных изменений во внешних факторах. Поэтому я говорил в таких случаях об авторегуляторном развитии, как о характерной ступени на пути к дальнейшей автономизации процессов онтогенеза (И. Шмальгаузен, 1940).

Определённая реакция, ведущая к развитию нормы, хотя и зависима от внешнего фактора, но наступает лишь при известной его интенсивности, и при том сразу в полной мере. Дальнейшее повышение интенсивности внешнего фактора, вплоть до некоего уровня, не меняет характера формообразовательного процесса, который остается в пределах данной, приспособленной нормы. Иными словами, вырабатывается нижний и верхний пороги нормальной реактивности организма. Чем шире раздвинуты оба порога, тем более устойчивой оказывается приспособленная норма, тем более «защищённым» оказывается её развитие. В эволюции нормального фенотипа оба порога устанавливаются за пределами обычных изменений в факторах среды в нормальных условиях жизни данного организма.

Пути эволюции адаптивных норм и обоих порогов, ограждающих их развитие от нарушающих влияний, видны иногда и на таких признаках, которые не имеют приспособительного значения в подлинном смысле этого понятия, но ценятся человеком и развились, очевидно, под влиянием искусственного отбора (аналогичного развитию приспособлений под влиянием естественного отбора). Я имею в виду известные температурные реакции пигментообразования в волосах горностаевого кролика, исследованные Шульцем и затем более обстоятельно Ильиным (1926).

Здесь ясно видно выделение двух «нормальных» типов пигментации — белый кролик с чёрными ушами, хвостом и передним концом морды имеет в одном случае белые лапки (при температурах воздуха 16—25°) и в другом случае чёрные лапки (при тем-

пературах 2—14°). Обе эти нормы ограничены ясными температурными порогами пигментообразования в соответствующих частях тела. Ниже +2° наступает общее почернение, а выше верхнего порога в +25° — общее побеление. Уровни этих порогов ещё не зафиксированы очень прочно, и в разных расах они различны. У польской расы нижний порог заметно выше — при +11°. Ещё выше он у саксонской расы — на уровне +21°.

Горностаевый кролик выведен, по видимому, на Востоке (на Западе его называют «русским» и «гималайским»), и именно у нашей расы мы видим максимальную устойчивость «нормальной» окраски, связанную со сдвигом нижнего её температурного порога до очень низкого уровня в +2°. Практически нормальная окраска (в двух вариантах) от температуры не зависима. В западных расах она ясно зависима от обычных изменений температуры. В саксонской расе уже при температурах ниже 21° развивается сплошное «зимнее» потемнение. Нетрудно представить себе дальнейшее перемещение этого порога ещё на 10° вверх, и тогда из горностаевой окраски получится стабильная тёмная окраска, практически независимая от обычных изменений температуры в умеренном климате. Распределение окраски у горностаевого кролика интересно ещё в том отношении, что допускает довольно лёгкое истолкование механизма распределения окраски с её различными порогами в различных частях тела. Локализирующим фактором в этом случае (как и во многих других) является общезиологическая ситуация данных, частей. Здесь она, однако, исключительно проста — пигментообразование зависит от температуры кожи (оно невозможно при температурах выше 33° вследствие наличия особых факторов, тормозящих пигментообразование при этих температурах). Температура же кожи, естественно, оказывается более низкой на выступающих частях тела с более слабым кровоснабжением (хвост) и, особенно, с мало развитым шерстным покровом (лапки, затем передняя часть морды и, в особенности, почти голые уши). Здесь она превы-

шает пороговый уровень в 33° (для кожи) лишь при очень высокой температуре внешней среды (свыше 25°). Существование температурных порогов пигментообразования в покровах указывает нам возможные пути развития сезонного диморфизма, наблюдающегося в окраске шерсти многих млекопитающих, в окраске оперения у птиц или крыльев у бабочек (например *Araschnia (Vanessa) levana-prorsa*). Конечно, далеко не всегда связь эта имеет указанный простой характер. Гораздо чаще, кроме температуры, здесь сказывается и регуляторное влияние эндокринной системы с её циклическими изменениями.

Мы видим, что по мере установления приспособительной изменчивости форм вырабатываются и внутренние регуляторные механизмы, обеспечивающие развитие совершенно определённых «адаптивных норм». В этом случае роль внешнего фактора сводится к значению раздражителя, освобождающего внутренний механизм развития известной «нормы». При достижении нижнего порога «нормальной» реактивности тканей сразу достигается полное развитие нормы. Ниже порогового уровня интенсивности внешнего фактора нормальная реакция не осуществляется вовсе, а выше этого уровня нормальная реакция не меняет своего выражения вплоть до верхнего порогового уровня, когда она сразу вновь исчезает или заменяется совершенно ненормальной реакцией.

Норма развивается тогда согласно физиологическому закону реагирования по принципу «всё или ничего». Это результат действия регуляторных механизмов, обеспечивающих развитие приспособленной нормы на высших этапах её эволюции.

Во всех этих случаях речь шла о морфогенном влиянии внешних факторов. Однако того же типа реакции устанавливаются и по отношению к внутренним факторам индивидуального развития.

#### Формы реагирования на внутренние формообразовательные факторы

Начнем с морфогенного влияния эндокринных факторов. Известно, что

метаморфоз амфибий находится в зависимости от поступления гормона щитовидной железы. Реакция наступает лишь на известном уровне концентрации гормона и при достижении этого порогового уровня идёт уже полностью до конца. И здесь реакция идёт по типу «всё или ничего». Ещё интереснее морфогенетические реакции на половые гормоны. В процессе эволюции у большинства животных выработались две нормальные реакции, характеризующие мужской и женский пол. Они более или менее резко разграничены, и в их осуществлении решающую роль играют внутренние факторы развития, определяющие наступление одной или другой реакции на известном уровне их интенсивности. Наличие пороговых уровней развития признаков пола и возможность их смещения (у разных рас) доказаны экспериментальными исследованиями Р. Гольдшмидта над непарным шелкопрядом. Можно ли говорить о половых гормонах у насекомых, — вопрос спорный; однако количественный характер различий в факторах, определяющих развитие пола, совершенно очевиден.

Особенно демонстративны факты, показывающие зависимость развития вторичных половых признаков позвоночных животных от половых гормонов в определённой их концентрации. И в этих случаях типичная реакция самцового типа наступает на определённом уровне нижнего порога нормальной реактивности тканей на мужской половой гормон или переключается сразу на противоположную реакцию при достижении известного уровня концентрации женского полового гормона. Обе реакции идут по типу «всё или ничего», и в этом мы видим результат их эволюции. Эволюция шла здесь под знаком стабилизации развития определённых норм, обладающих установившимся биологическим значением.

Наконец, по тому же типу реакции «всё или ничего» протекают и детерминационные процессы в эмбриогенезе. И здесь контактная индукция или другие факторы приводят в известный момент обычно сразу к полной реализации морфогенетического процесса.

И здесь наблюдаются, впрочем, иногда и более примитивные формы реагирования, например при детерминации роговицы. Очевидно, нормально реагирование связано с достижением определённой интенсивности формативных факторов в виде известной концентрации более или менее специфических веществ, достигающей порогового уровня реактивности данных тканей. Во всяком случае, если детерминационный процесс реализуется, то он ведёт далее, как правило, к развитию нормальной закладки органа в полном её объёме. И в этом мы видим результат стабилизации наиболее ответственных морфогенетических процессов, ведущих к развитию нормы.

#### Пути стабилизации индивидуального развития

В процессе эволюции чаще всего устанавливается лишь одна основная норма и, следовательно, один путь индивидуального развития этой нормы. И в этом случае «примитивные» ткани, находящиеся в определённом физиологическом положении, как бы заранее настраиваются на одну только совершенно определённую формообразовательную реакцию. Специфика реакции определяется тогда исключительно внутренними факторами, заложенными в самом реагирующем материале, а не внешними воздействиями на этот материал. Зависимое дифференцирование переходит в самодифференцирование. В этих процессах мы видим лишь дальнейшую фазу той же стабилизации нормального формообразования и полагаем, что она совершается по тем же путям, какие намечены в предшествующем изложении. Основным выражением стабилизации морфогенетического процесса, идущего уже по типу реакции «всё или ничего», является дальнейшее раздвигание обоих порогов нормальной реактивности тканей, т. е. снижение нижнего порога и поднятие верхнего порога. Такое перемещение порогов устанавливается иногда довольно ясно как в отношении внешних

факторов развития, так и в отношении внутренних факторов.

Обыкновенный наш махаон (*Papilio machaon*) даёт, по Штандфусу, в Швейцарии тепловую aberrацию, вполне сходную с постоянной местной формой в Палестине. Однако у швейцарского махаона aberrация устанавливается лишь при очень высоких температурах  $+37^{\circ}$ , между тем как палестинский махаон даёт подобную же форму при нормальной средней температуре, которая в июле составляет  $+24^{\circ}$ . Следовательно, при преобразовании модификации европейского махаона в палестинскую норму нижний порог тепловой модификации сдвинулся по меньшей мере на  $15^{\circ}$  вниз. Этим сдвигом была достигнута устойчивость тепловой модификации, которая на юге получила значение нормальной формы.

Явления доминирования нормы над любыми мутациями указывают на то, что норма достигает в процессе эволюции большей устойчивости и по отношению к наследственным факторам (Фишер, Холден, Меллер и др.). Это, вероятно, может достигаться общим повышением концентрации морфогенных веществ, связанных с развитием нормы, но чаще является, повидимому, результатом снижения нижнего порога нормальной реактивности тканей. При наличии вдвое более низкой концентрации морфогенных веществ, определяемых одним наследственным фактором гетерозиготы, по сравнению с нормальной концентрацией тех же веществ, определяемых двумя факторами нормальной гомозиготы, формообразовательная реакция протекает все же вполне нормально. Если новая мутантная форма имеет в гетерозиготе известное выражение (неполное доминирование нормы), то в процессе эволюции это выражение либо устраняется (если оно вредно), либо усиливается и включается в состав нормы (если оно полезно). Как бы себе ни представлять детали этого процесса, сами факты выработки большей устойчивости нормального формообразования, т. е. эволюции доминантности нормы и рецессивности мутаций, достаточно

выяснены. Мы здесь обращаем особое внимание на то, что устойчивость нормы достигается также путём раздвигания порогов нормальной реактивности организма на различные внутренние морфогенные факторы, дозировка которых в процессах мутирования постоянно меняется.

Стабилизация зависимых формообразовательных процессов может быть связана и со сменой факторов. В процессе эволюции действие изменчивых факторов заменяется влиянием более устойчивых. У древесных растений световая и теневая формы листьев определяются иногда не условиями изменчивого весеннего освещения, когда эти листья развиваются, а индуцируются в конце предшествующего лета, когда залагаются почки. У амфибиотических растений первые весенние водные листья сменяются воздушными листьями иногда ещё под водой в связи с усиливающимся освещением, что предшествует обычному летнему усыханию заболоченных мест. Первично зависимое от недостатка воды преобразование листьев в ксерофитные или их опадение и замена кладодиями может стать зависимым от интенсивного освещения и ассимиляции, а может стать и совсем автономным, и тогда вслед за первыми (весенними) обычными листьями молодого растения развиваются ксерофитные листья независимо от того, наступила уже летняя засуха или нет.

Функциональные факторы развития могут в процессе эволюции уступать свое место гормональным влияниям или тканевым взаимодействиям развивающегося организма. Примеры такой постепенной смены факторов были изучены А. А. Машковцевым (1936).

Во всех этих случаях замена изменчивых внешних влияний более постоянными гормональными воздействиями и, наконец, взаимодействиями морфогенетических систем развивающегося организма ведёт ко всё большей устойчивости процессов индивидуального развития. По мере того как внешние факторы теряют свое специфическое формообразовательное значение, значение внутренних факторов возрастает. В особенности, в про-

цессе смены факторов, возрастает, однако, значение способности самого материала к одной определённой специфической реакции.

Исторический процесс смены факторов имеет большое значение в эволюции морфогенетических систем организма и, в частности, проливает свет на важнейшую проблему локализации формообразовательных реакций.

При утрате специфики внешнего фактора увеличивается значение внутренних факторов, связанных с локальными условиями развития известных частей организма. Общефизиологические соотношения, сама предшествующая дифференцировка, её биохимические основы и темпы её реализации, обмен активными продуктами в контактном взаимодействии частей, а также выражения более специализированных функций, — все эти факторы, имея локально различный характер, принимают хотя бы косвенное участие в дальнейшей дифференцировке организма. Будучи вначале лишь сопутствующими факторами развития, они могут приобрести в процессе дальнейшей эволюции значение главных и при том локализирующих факторов индивидуального развития. Нетрудно себе представить, как на базе общей реакционной способности известной ткани могут возникать, таким образом, новые дифференцировки локального характера (Шмальгаузен, 1938). Первоначальным раздражителем, вызывающим местную реакцию, мог быть внешний фактор. Биологическое значение могло приобрести и некоторое функциональное изменение. На базе общей способности к таким модификационным изменениям вырабатывается тогда локальная способность к более интенсивной или более ранней реакции. Повышение «чувствительности» данной ткани, т. е. локальное снижение порога реактивности, к основному (внешнему или функциональному) раздражителю определяется тогда, очевидно, существованием местных сопутствующих раздражителей, лишённых самостоятельного значения (т. е. не специфических), но «подкрепляющих» специфический раз-

дражитель. Это могут быть и внутриклеточные факторы, связанные с дифференцировкой и морфофизиологическим положением ткани. Все они вместе усиливают действие доминирующего фактора. Одновременно происходит локальная концентрация формативных свойств как реагирующей, так и активирующей ткани. Вместе с тем используются и усиливаются тормозные реакции на влияния соседних областей.

При усилении значения сопутствующих раздражителей первоначальный раздражитель может утратить значение самостоятельного активатора. Тогда получится картина полного самодифференцирования, и значение специфического раздражителя не легко может быть установлено экспериментом.

Данные механики развития говорят в пользу того, что самодифференцирование есть результат комплексной реакции, в которой решающее значение имеет общефизиологическая ситуация данной ткани (градиент и т. п.). Однако и в этом случае локализация компонентов разного происхождения и их нормальные соотношения регулируются нередко путём более непосредственного их взаимодействия (контактная индукция).

Мы, следовательно, не мыслим себе даже крайнее «самодифференцирование» как действительно « мозаичное » развитие. Таковое, очевидно, вообще невозможно.

Переход от более зависимых процессов формирования к самодифференцированию означает сосредоточение основных факторов, определяющих специфику реакции внутри самой реагирующей ткани. И вместе с тем, по мере выработки ограниченной способности к одной специфической реакции определённой интенсивности, первичный раздражитель (внешний фактор, гормон, индуктор и т. п.) теряет значение специфического фактора развития. Это наблюдается как в онтогенезе, так и в филогенезе. Оба исторических процесса — возрастание специфики реакции и

утрата специфики морфогенных влияний — взаимосвязаны.

При сравнении филогенетически более молодых формообразовательных систем с более старыми, уже давно установившимися, видны до известной степени эти переходы от зависимого дифференцирования к самодифференцированию, вместе с обоими характеризующими их процессами.

1. На примере филогенетически молодого (по сравнению с глазом и с центральной нервной системой) органа — хрусталика — мы видим высокую специфику индуктора — глазного бокала (которого в эксперименте, повидимому, не удалось заменить другим равноценным материалом) — и малую специфику материала — эктодермы, — который может быть свободно замещён эктодермой других областей.

2. В детерминированной уже закладке хрусталика специфика материала естественно возрастает, и его типическая структура (волокнистое ядро) хотя и зависима от нормального индуктора — ретины, — но допускает широкую его замену (слуховым пятном, ганглием, по Н. Драгомирову). Здесь индуктор теряет специфику своего влияния, а реактор приобретает одну лишь строго специфическую форму реагирования. Ни в каких иных материалах, кроме зачатка хрусталика, тканевой дифференцировки хрусталика не получали.

3. В глазном бокале мы находим с самого начала его закладки вполне детерминированную, т. е. специализированную ткань. Нормальный индуктор ретины — презумптивный хрусталик — мало специфичен и допускает замену родственными тканями (например слуховым пузырьком, по Н. Драгомирову). Материал же — стенка бокала — даёт специфические структуры даже путём самодифференцирования, т. е. без специального индуктора. Другие ткани таких структур не дают.

4. В презумптивной нервной пластинке, прошедшей, как зачаток центральной нервной системы, несомненно, длительный исторический путь стабилизации индивидуального раз-

вятия, хотя и сохранилась зависимость от нормального индуктора (крыши первичной кишки), но влияние последнего совершенно утратило свою качественную специфику и может быть замещено влиянием почти любой ткани и многих веществ. С другой стороны, реакция материала презумптивной нервной системы строго специфична и допускает самое широкое самодифференцирование.

5. Тот же переход эволюции улавливается и при сравнении индивидуального развития филогенетически более молодого органа чувств позвоночных — органа слуха и его капсулы — с более древним органом — органом обоняния и его капсулой, в которых моменты самодифференцирования выражены значительно выше как в эпителиальной части органа, так и в его скелетной капсуле.

6. В отношении зачатков конечностей приходится, очевидно, допустить, что боковая мезодерма в стадии хвостовой почки (у амфибий) приобретает способность к одной только специфической реакции и отвечает на любое раздражение достаточной интенсивности всегда только образованием зачатка конечности.

Во всех этих случаях, в процессе исторического развития (как и в индивидуальном развитии), возрастает способность определённой ткани к специфической форме реагирования и в то же самое время падает значение специфических свойств индуктора. За нормальным индуктором остается обычно лишь роль фактора, точнее локализирующего формообразовательный процесс (и определяющего во взаимодействии с реактором соотносительные размеры частей), но не определяющего его специфики. Локализирующее значение индукторов сохраняется в особенности для органов, составляющихся из компонентов различного происхождения.

Очевидно, именно общее или локальное снижение порога реактивности, т. е. повышение «чувствительности» тканей, их внутренняя подготовка и «настройка» на определённую реакцию, и вводит к более широкой возможности заме-

щения морфогенных факторов, т. е. к явлениям строгой специфичности реакции на неспецифический раздражитель.

Тот же переход от зависимого дифференцирования к самодифференцированию виден и в процессе эволюции половых признаков. Он сопровождается частично переходом вторично-половых признаков в видовые, и в этом случае совершенно ясно видны пути их исторической стабилизации через раздвигание порогов нормальной реактивности тканей.

Дарвин первый обратил внимание на эти замечательные явления и придавал им большое значение. У нас в Союзе эти вопросы разрабатывались в последнее время А. А. Машковцевым (работа которого, к сожалению, до сих пор не напечатана) и Б. Г. Новиковым. Эти авторы, и в особенности последний, подходят к ним с экспериментальным анализом динамики развития признаков пола, т. е. с тех точек зрения, которые были у нас впервые развиты в прекрасных исследованиях М. М. Завадovsky. Этими исследованиями многие связи вполне вскрыты, и это проливает ясный свет на весь вопрос об эволюции половых признаков.

В этой эволюции обнаруживаются замечательные закономерности, которые, казалось бы, совершенно непонятны, необъяснимы с общепринятых точек зрения.

В самом деле: биологическое значение половых признаков ограничивается одним полом; передача на другой пол лишает их этого значения у одного пола, нередко бывает бесполезной, а иногда, быть может, даже вредной для другого пола. Так, например, при передаче самцового признака некоторых птиц на самку 1) самка теряет свою покровительственную окраску и приобретает более или менее яркое оперение, всевозможные выросты и другие, по сути ей ненужные самцовые признаки (например шпоры) и 2) вторично-половой признак самца при его переносе на самку обесценивается — он теряет свое биологическое и физиологическое значение в подготовке спаривания и оплодотворения. Нуждается в объ-

яснени и нередко ясно выраженный скачкообразный характер переноса признака с одного пола на другой.

Механика развития признаков пола показывает нам два способа индивидуального развития и соответственно два механизма превращения полового признака в видовой.

М. М. Завадовский установил, что некоторые вторично-половые признаки самца развиваются в зависимости от мужского полового гормона на известном уровне его концентрации, а другие развиваются независимо от этого гормона, но у самки не развиваются вследствие тормозящего влияния женского полового гормона. Б. Г. Новиков показал, что эволюция вторично-половых признаков и их перенос с самца на самку связаны не с какими-либо изменениями в свойствах гормона, а с изменениями реакционной способности самих тканей. При этом зависимый самцовый признак развивается под знаком повышения чувствительности тканей к мужскому половому гормону. Он переносится на самку, когда чувствительность тканей достигает такой степени, что нормальная самцовая реакция наступает на значительно более низком уровне концентрации мужского полового гормона (на уровне концентрации, который нормально имеется у самки). Независимый самцовый признак развивается под знаком понижения чувствительности тканей к женскому половому гормону и переносится на самку тогда, когда нормальная его концентрация у самки оказывается недостаточной для заторможения развития самцового признака.

Таким образом разные пути приводят к биологически равнозначному результату. Ясно, что в основе этого процесса должна лежать биологическая закономерность, а не физиологическая.

Остановимся на немногих примерах.

У большинства куриных многие самцовые признаки, и в особенности оперение, развиваются независимо от мужского полового гормона и не развиваются у самки вследствие тормозящего влияния женского гормона.

У самки тетерева появляется самцовая окраска перьев спины (с металлическим отливом). У серой куропатки (*Perdix perdix*) самцовая окраска перенесена на самку. Половой диморфизм исчез. Однако при инъекции увеличенных доз овариального гормона у самки может быть ещё вызвана примитивная её окраска, сходная с ювенальной. Следовательно, ткани серой куропатки теряют чувствительность к женскому гормону, т. е. порог их нормальной реактивности повышается. В особенности это касается реакций, ведущих к реализации тех признаков, которые развиваются в онтогенезе раньше. Такие, более ранние морфогенетические процессы идут по типу самодифференцирования. Они требуют очень высоких доз женского гормона для своей перестройки (Б. Новиков). У каменных куропаток ткани полностью утратили реактивность на женский половой гормон — самцовые признаки развиваются совершенно одинаково у обоих полов.

У домашнего воробья (*Passer domesticus*) и у зяблика (*Fringilla coelebs*) самцы получают в брачный период тёмную окраску клюва. Этот признак зависим от мужского полового гормона и при кастрации быстро исчезает. У вьюрка (*Fringilla montifringilla*) тёмная окраска клюва появляется в брачный период у обоих полов. Это — сезонный признак, зависимый от мужского гормона. Пороговый уровень его развития лежит ниже концентрации мужского гормона у самки в брачный период. У полевого воробья (*Passer montanus*) такая же окраска теряет свой сезонный характер. После кастрации она держится довольно долго, — в течение 1—1½ лет ещё остаются её следы. Пороговый уровень реакции лежит ниже концентрации мужского гормона у самки в любой сезон. Вместе с тем очень высока «инерция» тканей, долго удерживающих ранее индуцированный признак. Наконец, у снегиря (*Pyrrhula pyrrhula*) чёрная окраска клюва держится всё время и оказывается от гормона независимой.

Широко известны факты переноса рогов с самца на самку у антилоп. Развитие рогов находится в зависи-

мости от мужского полового гормона, и перенос их на самку связан, очевидно, со значительным понижением порога реактивности тканей на этот гормон. Интересны олени с их типично зависимым от мужского гормона периодическим развитием и сменой рогов. У оленей только в одном случае наступил перенос рогов на самку. Это произошло только у северного оленя и при этом, очевидно, совсем недавно, — в Саянах ещё сохранилась реликтовая форма северного оленя, у которого самки безроги. Очевидно, перенос на самку связан с повышением чувствительности тканей к мужскому гормону, т. е. с понижением порога реактивности тканей до уровня концентрации мужского гормона у самки. Вместе с тем развитие рогов индуцируется уже очень рано — «инерция» тканей очень высока, и позднейшая кастрация существенного влияния на развитие уже не оказывает (хотя, по А. Машковцеву, конечные стадии морфогенеза всё же затормаживаются).

Во всяком случае и здесь виден переход зависимого дифференцирования к самодифференцированию и в то же время переход лабильного полового признака в стабильный видовой. Каков механизм и факторы этого перехода, ясно уже из предшествующего изложения. Резюмирует вкратце наши выводы.

### Механизм стабилизации и его факторы (выводы)

Стабилизация развития достигается частью за счёт замены в процессе эволюции изменчивых внешних факторов в более постоянными, замены внешних факторов развития внутренними и замены гормональных факторов контактным взаимодействием или внутриклеточными факторами (самодифференцированием). Одновременно со сменой факторов развития идут и другие процессы, ведущие к увеличению специфичности формообразовательной реакции и уменьшению специфики формативных влияний. Все эти процессы приводят ко все более точно детерминиро-

ванной реализации признаков нормального фенотипа.

Стабилизация сопровождается созданием регуляторных систем вокруг аппарата развития оптимальной нормы. В основном это осуществляется путём раздвигания обоих порогов нормальной реактивности тканей за пределы обычных колебаний в формообразовательных факторах (сюда входят колебания в интенсивности их действия, связанные с изменениями в концентрации, со сдвигами во времени их образования и со смещениями компонентов взаимодействующих систем в пространстве). Возможно экспериментальное исследование «защитённости» формообразования («фактор безопасности» Холдена). Оно показывает нам различные её градации.

Однако наиболее демонстративны две большие группы фактов, ясно показывающие регуляторное значение указанных процессов, пути стабилизации, достижение известного оптимального её уровня, а также и механизм её установления.

1. Развитие доминантности нормы вследствие элиминации фенотипически выраженных вредных мутаций в их гетерозиготном состоянии, т. е. в результате действия стабилизирующего отбора.

Можно предполагать иные механизмы развития доминантности в результате элиминации любых отклонений от нормы. Регуляторная система может создаваться и у гомозиготы, а сказываться на гетерозиготах. Результат от этого не меняется.

Полная доминантность нормы означает всё же в основном смещение нижнего порога нормальной реактивности тканей ниже прежнего уровня реактивности гетерозиготной мутации.

2. Перенос полового признака с одного пола на другой. Элиминация самцов с недостаточным или запоздалым развитием полового признака, т. е. половой стабилизирующей отбор, ведёт (при наличии колебаний в концентрации гормона у самца) к смещению нижнего порога нормальной реактивности тканей далее вниз. Он может достичь уровня нормальной концентрации мужского

морфогенного фактора у самки. В таком случае стабилизация признака и создание соответствующей регуляторной системы происходит у самца, но на известном уровне этой стабилизации её результаты сказываются сразу в полной мере и на самке.

Можно отметить две группы процессов, ведущих к устойчивости нормального формообразования:

I. Изменения в реагирующих тканях выражаются в образовании обоих порогов нормальной реактивности и в их раздвигании за пределы обычных колебаний количества и качества морфогенных факторов.

При этом снижение порога означает увеличение чувствительности реактора и сопровождается выработкой строгой специфичности реакции (её внутренней обусловленности), независимой от обычных колебаний интенсивности, а затем и отклонений в качествах морфогенных факторов.

II. Изменения в активирующей части морфогенной системы связаны с утратой значения точной дозировки морфогенных веществ и сопровождаются утратой специфики, т. е. расширением возможности их замещения другими сходными влияниями как в экспери-

менте, так и в историческом процессе смены факторов.

Результатом выработки максимальной устойчивости нормальных морфогенных реакций и являются оба известных закона физиологии:

А. Реакция по типу «всё или ничего» означает, что данная адаптивная реакция, имеющая жизненно важное значение, т. е. ведущая к развитию и сохранению жизни нормальной особи, защищена более или менее сложной системой регуляций, обеспечивающих нормальное течение реакции даже при довольно значительных количественных отклонениях в действующих раздражителях.

Б. Закон специфической энергии выражает другую сторону того же явления защищённости адаптивных реакций от отклонений качественного характера в составе тех же раздражителей.

Закон «всё или ничего» и закон специфической энергии не только вполне приложимы к морфогенетическим процессам, не только стимулируют исследовательскую мысль в направлении исследования закономерностей их эволюции, но и сами должны рассматриваться в исторической перспективе, как результат эволюции адаптивности реакции.

# ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ СССР

## ЗАПОВЕДНИК КУЛАНА ОНАГРА В БАДХЫЗЕ<sup>1</sup>

Г. И. ИШУНИН и Е. П. КОРОВИН

Кулан относится к роду диких лошадей, но обычно выделяется в подрод ослов. Это — редкое, исчезающее животное. Еще недавно он был широко распространён по степям Центральной, Средней и Передней Азии — от Монголии, и даже северо-восточного Китая, до Сирии и Аравии и от южной Сибири до Индии и Тибетского плоскогорья. На территории СССР его стада встречались в Туркмении, Казахстане, южной Сибири, Семиречье и степной части между Алтайскими горами и оз. Зайсан. В наше время это животное водится только в Азии, а в доисторические времена (после ледниковой эпохи) он распространялся и в Европу [13].

Кулан — типичный степняк, но, будучи вытесненным из степей, он, подобно джейрану и сайгаку, нашёл условия для существования в пустыне. В настоящее время это копытное истреблено почти нацело; лишь небольшие количества его сохранились в самой южной части Туркмении — на участке между рр. Теджен и Мургаб, и по южной окраине пустыни Бедпак-дала — по левобережью р. Или, между государственной границей, хребтом Тур-айгир и р. Чарин; сюда кулан, повидимому, заходит из Синьдзяна. В глухих углах Монголии он лучше сохранился, и там, повидимому, это животное насчитывается ещё тысячами особей [17, 18].

В разных частях своего огромного ареала распространения формы кулана встречаются неодинаковые. В восточной части обитает так называемый джигитай [*Equus (Asinus) hemionus hemionus* Pall.], а в западной — онагр [*Equus (A.) hemionus*

*onager* Pall.]. Обе эти формы несущественно отличаются друг от друга, — восточная только несколько крупнее и стройнее западной, а у последней спинная полоса ярче, чем у типичной монгольской формы [3, 19]. От обыкновенного осла обе эти разновидности отличаются в значительной степени как ростом, так и телосложением и по многим статьям приближаются к лошади. Происхождение среднеазиатского осла, во всяком случае, выводится от африканского осла, а не от кулана [1, 4].

### Условия существования кулана в Бадхызе

Изучен кулан плохо, и литературные данные об этом копытном крайне обрывочны. Наблюдения за ним на воле связаны с большими трудностями, и неудивительно, что знаем мы это животное так мало. Обитает кулан в малодоступных местах и близости человека избегает. По наблюдениям жителей Бадхыза (Серахский район), стоит людям появиться даже на обжитом куланом участке, с хорошим пастбищем и водопоем, как он немедленно бросает его и переходит на новое место. Наши сведения о жизни кулана в природе относятся только к его западной форме — онагру, обитающему в южной Туркмении, в местности, за которой всё более закрепляется название Бадхыза (что значит «ветер дует»). На некоторых картах Бадхызом называется возвышенная часть Афганистана. И то и другое верно, так как между речью Кушк — Герируд является продолжением горной системы Парапамиза, собственно северными отрогами афганских высот.

<sup>1</sup> Южная Туркмения.

Для того чтобы понять, почему кулан сохранился только именно на Бадхызе, нужно остановиться на природных особенностях этой страны. Южное положение Бадхыза и естественная связь его с Афганистаном обуславливают его природные черты. С особенной яркостью эта связь проявляется в составе растительности и животного мира.

Однако одной географической справки недостаточно, чтобы понять природу Бадхыза и оценить её на фоне Средней Азии. Важно отметить возвышенное положение местности. По данным отметок на картах, междуречье Кушк — Герируд занимает в среднем высоты 350—400 м над у. м. Отдельные высоты его достигают 800—850 м над у. м. Таким образом по высотному положению Бадхыз представляет первую ступень гор — зону предгорий. Об этой зоне обычно принято в Средней Азии говорить как о зоне необеспеченной багары (сухого земледелия). Это значит, что на ней возможно земледелие без полива, хотя и не всегда последнее может быть продуктивно, а в отдельные годы оно не даёт урожая. Опыт посевов зерновых в Бадхызе подтверждает правильность этого вывода.

По сравнению с типичной пустыней Бадхыз обладает несколько более влажным климатом. В среднем за год здесь выпадает осадков 242 мм, но по отдельным годам эта цифра сильно колеблется, иногда доходя до 100 мм. Особенно интересно распределение осадков по сезонам. Наибольшее количество их выпадает в начале зимы и затем в первой половине весны. Три—четыре, а иногда и пять летне-осенних месяцев стоит зной и засуха. Весенние лужи пересыхают уже в начале мая; речные потоки: Кушк с притоком Эгри-рек и Герируд (в своем нижнем течении, проходящий по территории СССР, последняя речка называется Теджен) в июне сильно мелеют, а иногда и совсем останавливают свое течение и возобновляют его только поздней осенью, когда в горах пройдут дожди. Летняя жара, несмотря на значительное поднятие, стоит на высоте 38—42°, доходя

иногда до 45° (абсолютный максимум в Кушке 44.3°) [8].

Один из первых исследователей Бадхыза назвал его «баирной степью» [11]. Баиры по-туркменски — холмы. Холмистый рельеф хорошо передает устройство поверхности междуречья Теджен — Кушк. Общий рельеф Бадхыза обаян несколькими возвышенностями: Кара-гыз, Кагазлы, Эллибир и др. Эти возвышенности доминируют в ландшафте. Население называет их «сыртами», они обладают плоскими вершинами и пологими склонами и долинами. Сырты окружают замкнутые широкие впадины. Такими впадинами являются Кагазлы, Ер-ойлан-дуз, Теке-дуз и др.

В устройстве поверхности Бадхыза деятельность поверхностных вод сказывается в незначительной степени. Рельеф местности в основном сформирован тектоникой, карстовыми процессами и дефляцией. Следы деятельности поверхностного стока проявляются особенно характерно в верхних частях возвышенностей, откуда берут начало пологие и плоские долины, лишённые специальных водотоков. Долины опускаются в замкнутые впадины. Наиболее обширная впадина расположена в центре Бадхыза, она имеет в поперечнике около 40 км и опущена на 250—300 м ниже окружающей местности. В ней расположено солёное озеро Ер-ойлан-дуз, питающееся постоянными солёными ключами. Эта впадина — явно тектонического происхождения. Дно её прорывается изверженными породами, образующими по берегам озера конические возвышенности. Другие впадины меньших размеров и не имеют выступов скал. Днища их образованы плотными иловатыми почвами. Благодаря этому впадины задерживают на несколько месяцев воду атмосферных осадков. Получаются эфемерные водоёмы. По мере испарения вода этих водоемов осолоняется, а после её испарения дно их бывает покрыто налётом различных солей. Каждый дождь восстанавливает лужи. Последние до мая служат местом для водопоя диким животным.

Эти временные озёрки внутри Бадхыза являются почти единственными

ми естественными водными источниками. К более постоянным источникам этой местности относятся, помимо Герируда и Кушка с притоком Эгри-гек, небольшие ключи с пресной и солёной водой, выходящие на поверхность в некоторых ущельях ближе к Герируду. Это — известные пресноводные родники Акар-чешме, Нардван-ли и некоторые другие. Немного в Бадхызе и колодцев. Они все наперечёт. Большинство их солёные. Абсолютно пресных колодцев здесь нет.

Впадина Ер-ойлан-дуз — это наиболее дикая часть местности. Отсутствие пресной воды затрудняет использование здесь пастбищ. Озеро посещают лишь караваны для ломки соли и охотники. Население рассказывает, что впадина Ер-ойлан не имеет зимы; выпадающий снег быстро тает, и почва здесь весь год бывает открытой.

Крутые размытые по берегу озера барывы обнаруживают остов холмов Бадхыза. Холмы, как видно, образованы мощной толщей охристых песчаников. На продуктах их выветривания формируются почвы. Под песчаниками расположены известняки, заполненные банками устриц. Первые исследователи рассматривали песчаники в качестве вторичных лёссов, вынесенных с юга [14]; в последнее же время эту толщу относят к верхнетретичным морским отложениям [6]. Открытые под пластами ракушечника растительные остатки говорят о том, что местность в начале третичного периода представляла сушу [9]. Песчаники легко поддаются выветриванию, превращаясь в однородную супесчаную массу. Образовавшаяся масса в свою очередь подвергается развеванию, материал сортируется, а в результате могут возникать местные скопления рыхлого песка. Последние чаще образуются во впадинах. Во впадинах же на определённой глубине всегда обнаруживается скопление гипса, и глубже — обильное количество известковых конкреций. И то и другое являются свидетелями иного режима в прошлом, более повышенного увлажнения. Нет ничего удивительного в предположении, что Бадхыз в начале четвертичного времени

пережил эпоху озёрного режима. Со временем впадины когда-то были заняты постоянными пресными, а потом солоноватыми водоёмами.

Все сказанное выше кладет печать на растительность Бадхыза. Занимая зону предгорий, эта местность воспроизводит черты растительности, свойственной зоне так называемой горной полупустыни Средней Азии; с другой стороны, на фоне горной полупустыни выделяются свои эндемические формации растений, вызванные местными условиями. Вследствие этого растительность Бадхыза обладает удивительным разнообразием. Старые исследователи запечатлели оригинальность растительности Бадхыза в многочисленных эпитетах названий открытых там новых растений: *Atraphaxis Badghysi*, *Ferula Badghysi*, *Astragalus Badghysi*, *Cousinia Badghysi*, *Merendera Badghysi* и др. Все эти растения известны только отсюда. К ним следует прибавить ещё десятка полтора эндемичных видов, которые и составляют оригинальную часть растительности Бадхыза. Впрочем, оригинальные черты придаёт ей ряд видов растений, заходящих сюда с юга — из Афганистана и Ирана. Они находят себе приют в тёплой впадине Ер-ойлан-дуза.

Приведенный обзор природы даёт некоторое представление об условиях существования животных данной местности. Особый интерес представляет кормовая база кулана и других копытных. В общем ландшафте растительности бросаются в глаза следующие формации: осоково-мятликовая формация сыртов, кустарниковая формация на развеваемых песках, полыно-кустарниковая формация в песчаных впадинах, формации галофитов (солянок), саксаульники, фисташники и тугаи.

Растительность сыртов во многих отношениях напоминает растительность предгорий Средней Азии. Она состоит из густого покрова пустынной осоки (*Carex pachystylis*) и мятлика (*Poa bulbosa* v. *vivipara*). Эти два растения отрастают ранней весной, а то и осенью, раньше других, но уже в конце апреля они выгорают, сохраняя травостой, так называемое «сено на

корню», — все лето, осень и зиму. Вместе с ними развиваются гигантские зонтичные (*Ferula badra-kema*), достигающие 1.5 м высоты. Эти ранне-весенние травы (фиг. 1) образуют первый эфемерный аспект сыртов. В мае этот аспект сменяется зацветающими ирисом, ковылём, астрагалами, эспарцетом и др. Позднее развиваются крупные кузинии, а к осени — красная двулетняя полынь и не-

ют характер редколесья, и, пожалуй, их можно сравнить с саваннами, как это делают некоторые исследователи. Пастбища в фисташниках держатся несколько дольше зелёными.

Сыртовые пастбища нередко перемежаются с песчаными пастбищами. Последние появляются на разветвленных склонах и по впадинам. Здесь растительность разнообразнее, богаче и дольше остается свежей. Рано вес-



Фиг. 1. Растительность сыртов. Заросли ферулы бадракема.

которые солянки. Таким образом растительность сыртов, сменяя друг друга, вегетирует всё тёплое время года. Летняя засуха не прерывает вегетацию растительности, вызывая только смену одних растений другими.

Весной животные находят на сыртах прекрасные по питательности пастбища, превосходящие по своим достоинствам лучшие выпасы. Следующие сезоны растительность сыртов становятся менее питательной; зато животные тогда имеют в зарослях крупных летних трав тень и убежище. Джейраны нередко проводят зимний полдень среди густых зарослей кузиний и других растений. Весной в зарослях зонтичных скрываются детёныши джейранов.

В западной части Бадхыза, ближе к р. Герируд, на сыртах растёт фисташка. Насаждения фисташки появляются в районе родников Акарчешме. Фисташники — это оригинальные древесные насаждения. Они име-

ной почва покрывается песчаной осокой, кострами, представителями разных семейств. Тогда же начинают отрастать различные кустарнички; среди последних особенно характерны астрагалы, атрафаксисы, каллигунумы и некоторые другие. Внешне эта формация хорошо выделяется зарослями особого вида ферулы (*Ferula badghysi*), обладающей широкими чашевидными, задерживающими влагу влагалищами листьев. К осени растительность песков значительно выгорает; зелёными остаются только отдельные солянки. Однако пастбища остаются питательными.

Особенный интерес представляет растительность песчаных пастбищ. Растительность здесь сменяется зарослями серой полыни. Бывают даже места, где покров состоит только из полыни. Полынь развивается пышно, довольно крупными кустами и образует тогда чистую полынную формацию. Чаще же к полыни примешив-

ваются другие кустарники. Особенно характерна здесь дорема (*Dorema Aitchisonii*), вырастающая до 3 м высоты. Это гигантское зонтичное придает своеобразный характер местности.

Полынные или смешанные полынно-кустарниковые формации являются лучшими в Бадхызе пастбищами. Они обладают рядом преимуществ, благодаря продолжительной вегетации долины. Весной полынью поедается животными неохотно и мало, зато осенью и зимой она является хорошим пастбищным растением. Это известно всем пастухам. Нет оснований думать иначе об отношении и диких животных к этому растению.

Описанные выше формации составляют в свежем виде весенние и летние пастбища. Однако и позднее к осени травостой их не пропадает, а остается в сухом виде до самой зимы. Это характерно для Бадхыза: растения высыхают быстро и не теряют своих частей. Осенью, однако, картина резко меняется в лучшую сторону; к этому времени достигают максимума своего развития различные солянки. Листья и побеги их становятся особенно сочными и водянистыми.

Солянки встречаются среди разных формаций в виде небольшой примеси. Однако в Бадхызе имеется не мало таких мест, где формируются целые заросли солянок. Эта своеобразная формация занимает засоленные днища впадин, где образуются солончаки, или по-местному — шоры. Обширные солончаковые пространства простираются во впадине Ер-ойландуз на площади в 75—100 га. Солянки в кормовом режиме домашних животных, именно овец, имеют небольшое значение; по крайней мере, в свежем состоянии они поедаются мало. Роль их становится ощутимее зимой. Можно не сомневаться, что в питании диких животных солянковыи формации являются пастбищами большого значения. На ряду с травянистыми солянковыми пастбищами в Бадхызе представляют интерес саксаульники. Саксаул растет также во впадинах, но вырастает здесь до дерева. Для полноты обзора раститель-

ности Бадхыза необходимо упомянуть про тугай. Эти древесно-кустарниковые заросли речных долин представлены в Бадхызе только по долинам рр. Кушк и Герируд. Здесь они сохранились лишь местами в виде густых чащ из гребенщика и других кустарников. Гребенщик покрывает зарослями нижние, заливаемые водой террасы.

В приведенном кратком обзоре показаны лишь главные типы пастбищ. По их разнообразию Бадхыз представляет собою благоприятные условия для существования там крупных копытных (в том числе и кулана) в разные времена года.

Как видно из условий существования Бадхыза, изучаемое нами животное является формой не пустынной, а скорее степной; точнее его можно определить как полупустынное или как пустынно-степное животное.

### Кулан в природе

Кулан неспособен мириться как с близостью человека, так и с теми изменениями, которые последний приносит со своей культурой. В силу известных условий Бадхыз оказался своеобразным заповедником, где случайно сохранился почти в нетронутом виде первоначальный ландшафт, и это дало возможность вымирающему животному локализоваться там и задержаться от полного вымирания.

К 1941 г. участок, на котором ещё сохранился кулан онагр, в Бадхызе сведён к минимуму и занимает следующие угодия. Со стороны р. Кушк этот зверь встречается возле колодцев Гала-ча. В этих местах он держится на выпасах, а пить ходит к родникам в Ислим-чешме или в р. Эгри-гек. Со стороны р. Теджен онагры пасутся на склонах хребта Эллибир, откуда в сухое время спускаются на водопой в ущелье Кызылджар и к солёным озёрам Ер-ойландуз. Пресная, вполне доброкачественная вода здесь летом отсутствует, но животные довольствуются и солоноватой водой. Встречается кулан также и в окрестностях Ак-робата, где он укрывается среди бугров и скал, малодоступных для человека. Вся площадь

полупустынных пространств, на которых кочуют сейчас косяки кулана, вряд ли превышает 4000 кв. км.

Куланы пасутся по степи, держась группами в 6—7 голов, но иногда их встречают одиночками или парами. Только на время гона они собираются в более крупные косяки, в которых насчитывается до 15—20 голов. Это падает на летнее время. Зимой куланов, обычно, не видно, и местные жители полагают, что они уходят за границу. Но, вероятнее всего, на этот период животные рассеиваются по более глухим и отдалённым частям пустыни, где в каждом понижении находят дождевую воду для утоления жажды. Летом, когда все лужи высыхают, животные вынуждены придерживаться источников с опреснённой водой, и тогда их видят на водопое у родников и речных потоков, куда они обычно приходят рано утром.

По литературным данным, размножение кулана происходит в апреле, но, судя по куланятм Ашхабадского зоосада, имеющим разницу в возрасте до 3 месяцев, период размножения у этих копытных сильно растянут, захватывая время с февраля до мая включительно.

Поведение новорожденных куланят на воле, по имеющимся наблюдениям, такое же, как у джейранов. Родится куланёнок слабым, довольно беспомощным и первое время он лежит на земле, скрываясь в траве и неровностях почвы. Покровительственная окраска прекрасно маскирует его от посторонних глаз. Мать пасётся поблизости. Куланы-самки, в противоположность джейранам, активно защищают свое потомство от диких зверей, из которых могут напасть на это крупное животное только волк, лиса, гиена и дикие кошки. При появлении человека самка спасается бегством, уводя за собой врага, а куланёнок затаивается на месте. Обнаружить затаившегося звереныша — трудная задача, но когда он обнаружен, то при наличии хороших лошадей, поймать его возможно. Трудность заключается лишь в том, чтобы во время лова ещё неокрепший детёныш не поломал себе ног. Пойманный куланёнок ведёт себя очень буйно. Он

бьётся, кусается и всячески старается вырваться и убежать. Но при умелом и ласковом обращении он скоро привыкает к ухаживающему за ним человеку и хорошо берёт пищу. В Ашхабадском зоосаде молодые куланы выкормлены следующей пищей: им давали около 3 л в день кипячёного коровьего молока, разведённого водой в отношении 3:1 и слегка присоленного; когда куланята подросли, их стали прикармливать овсом и сухим (!) клевером; в виде лакомства давались хлеб или сухари, сахар, фрукты (яблоки, урюк, тутовник), чистая вода у них была постоянно.

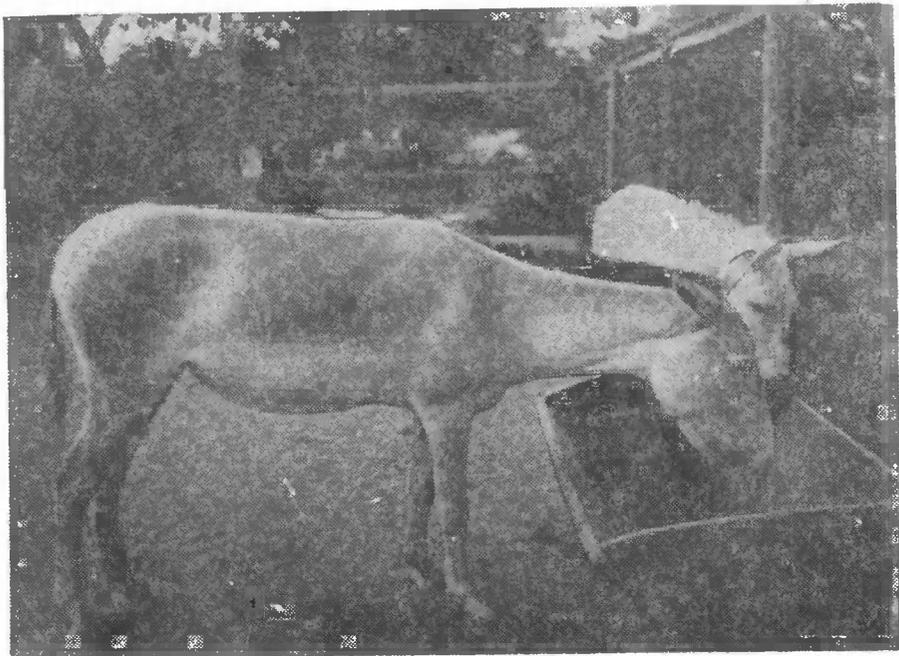
Природные условия Бадхыза вполне благоприятны для существования куланов, но бывают года, когда стихийные бедствия катастрофически снижают популяцию этого зверя. Одно из таких бедствий зафиксировано в 1934 г., когда зима была особенно суровой и отличалась развитием гололедицы; земля на продолжительное время покрылась коркой льда, а холодный ветер разметал над нею сухой мелкий снег. Ездить по склонам можно было только на лошадях, подкованных на все четыре ноги, иначе они скользили и падали. Проезжая по местности Ислим-чешме и Солёным озером, можно было видеть много погибших куланов. В это же время был пойман дикий баран, который поскользнулся на обледенелом склоне, упал и был взят без выстрела. Особенно интересны наблюдения над массовой гибелью джейранов, причиной которой была тоже гололедица. Возле местности Кара-чанга и Чегурецкой ямы, а также у Дунгузли («свиное место») попадались их трупы, разбросанные по склонам, иной раз до 30 голов в одной местности. По уверениям охотников, после этой зимы года два было очень мало джейранов.

#### Опыт по акклиматизации и гибридации кулана

Несколько более детальные сведения по биологии кулана известны по наблюдениям за ним в зоопарках, в частности в Ашхабадском зоосаде, где изучение онагра начато с 1937 г. [8]. В этом зоосаде имелись: 1 самка

и 3 самца, пойманные в 1934 г. Все они доставлены из Серахского района (южная Туркмения) жеребятами подсосного возраста. В зоосаде эти животные привлекали к себе внимание силой, резвостью и стройностью. Самка, кличкой «Томка», в возрасте 5 лет

Окраска кулана сверху и на боках рыжевато-серая — под цвет песка и глины. Зимний мех у него густой и мягкий; слегка вьющиеся волосы достигают 3—4 см длины. Весною перелинявший кулан покрыт коротким, лоснящимся, как атлас, волосом, и в



Фиг. 2. Кулан-самка в возрасте 5 лет, перелинявшая. (Фото Г. И. Ишуннина.)

имела высоту в холке 120 см; длина её — около 175 см. Ноги у куланов тонкие, длинные; грудь широкая; зад и брюхо подобраны; крепкие мускулы под тонкой эластичной кожей словно играют при каждом резвом движении животного; голова из-за сильных челюстей несколько тяжеловата и поддерживается мощной, сравнительно короткой шеей; уши у кулана пропорционально длиннее, чем у лошади, но не такие большие, как у осла; хвост короткий, оканчивается небольшой кисточкой жестких волос; грива мягкая, шерстистая, тянется по шее густой невысокой (всего в 6—8 см высотой) щёткой; чёлки нет; копыта небольшие округлые, чёрного цвета. Однолетние куланята-самцы сначала отличались от самки только меньшим ростом, но к концу 1939 г. самец «Яшка» уже вполне сравнялся с «Томкой» (фиг. 2 и 3).

это время выглядит особенно красиво. Линька у кулана проходит с половины апреля и до середины июня.

Голос у онагра такой же, как у домашнего осла, но не столь зычный, и кричит он сравнительно редко.

Что касается нрава кулана, то, как показали наблюдения, характер этого животного резвый, неукротимый, а пожалуй, и злой, если зверь испорчен неправильным воспитанием. Приручается это копытное легко, но одомашнить его вряд ли удастся, — по крайней мере без длительной селекционной работы.

Куланы Ашхабадского зоосада попали в неволю маленькими (фиг. 4), выкормлены искусственно и находятся в постоянном общении с людьми. Эти умные животные прекрасно знают свое имя, знают людей, которые за ними ухаживают, и позволяют себя гладить и похлопывать даже по брюху.

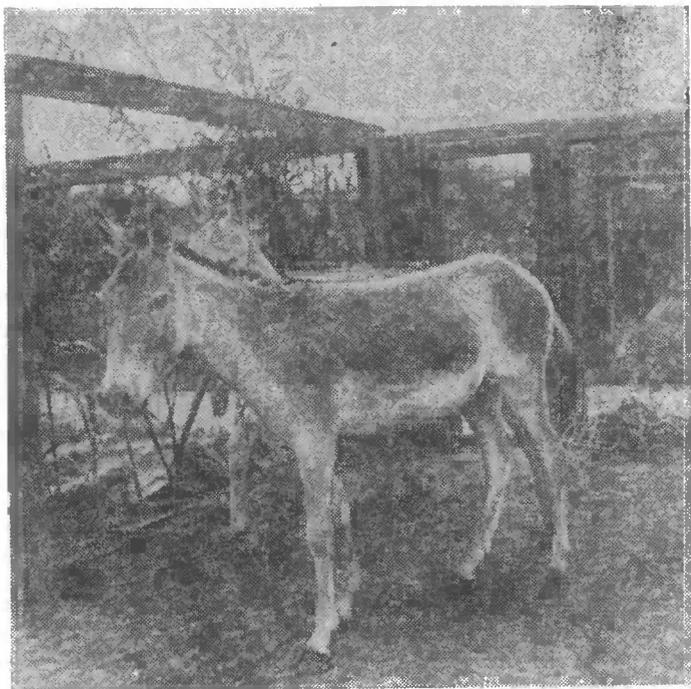
Но стоит посягнуть на их свободу, они неизменно дают самый решительный отпор. Когда на одного из куланят одели недоуздок, он долго с визгом носился по загону, пытаясь сбросить копытом предмет неволи. Все работы с куланами, где требуется их фиксирование (при лечении, искусственном осеменении, расчистке копыт, разных промерах и пр.), связаны с большими трудностями. Рассвирепевший взрослый кулан — опасный зверь: он одним ударом копыта может убить человека наповал. Сообразительность онагра замечательна: стоит ему понять, что с ним собираются что-то делать, как он начинает отказываться от всяких лакомств и упорно обходит ловушки. Однако закрутка для кулана так же действительна, как и для других лошадиных.

Но, несмотря на такое свободолюбие и неукротимость, кулан, пойманный в детстве, всё же приручается и, видимо, вполне способен размножаться в неволе. По литературным данным [5], в Париже было 16 случаев, когда кулан давал потомство в Зоологическом саду. Имеются сведения и для Казахстана, где местные жители делали попытки приручения куланов, приводившие к положительным результатам [17<sup>18</sup>]. М. П. Розанов, ссылаясь на палеонтологические и исторические работы австрийского исследователя Антониуса (1936), утверждает, что кулан был приручен человеком раньше лошади; в Передней Азии и Месопотамии это животное запрягалось в жреческие и боевые колесницы уже за 3 и даже 8 тысяч лет до н. э. Такие же сведения имеются также для Сирии и Вавилона. В древнем Риме и Греции кулана скрещивали с лошастью [15].

За последние годы опыты по размножению кулана в неволе проводят-

ся только в Ашхабадском зоологическом саду, но пока они не имеют результата, причиной чему является молодость самца-производителя.

Всё достигнутое по акклиматизации кулана имеет значение только для зоологических садов и заповедников. Гораздо более интересны ре-



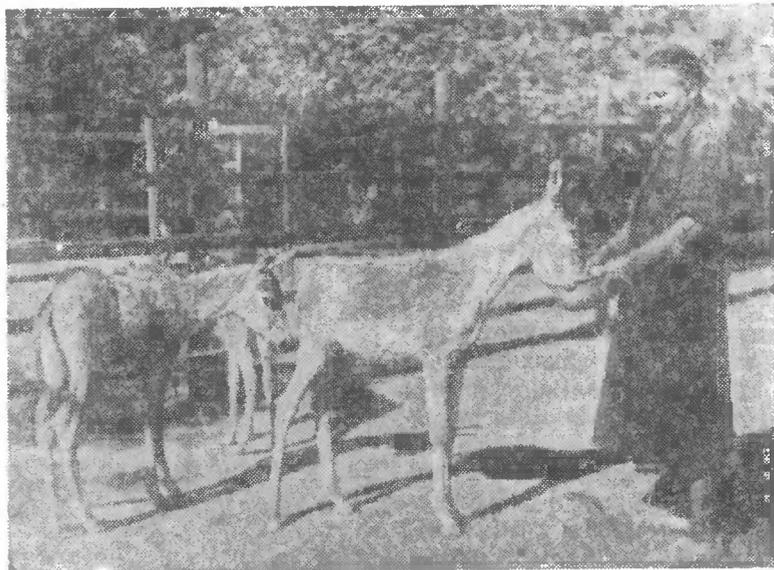
Фиг. 2. Кулан-самец в возрасте 1½ года. (Фото Г. И. Ишунина.)

зультаты, полученные по линии гибридизации дикого копытного с лошастью и ослом. Работа по скрещиванию онагра с представителями домашних лошадиных началась еще в 1933 г., но достигнуть успеха удалось недавно.<sup>1</sup> Первый производитель был взят из Ташкентского зоосада, но он оказался импотентом с извращенными половыми инстинктами: подпущенных кобыл и ослиц он рвал зубами и бил копытами, так что от него пришлось

<sup>1</sup> Работа по гибридизации кулана начата Ташкентской опытной станцией животноводства по инициативе генерал-полковника О. И. Городовикова в 1933 г., а в 1938 г. она была передана на 68-й конный завод в г. Тойтубэ (УзССР), где проводилась зоотехником специалистом по муловодству А. В. Шургиным.

отказаться. Вполне успешно работа по скрещиванию пошла с производителем, которого привезли с воли жеребёнком подсосного возраста и воспитали вместе с молодой осли-

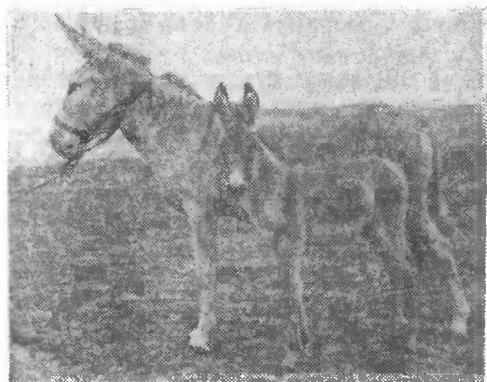
6 кобыл и 7 ослиц родилось 13 куланонидов. По словам В. А. Щекина [21], гибриды от кобыл резко отличались от мулов своей породистостью и статностью телосложения. Гибриды от



Фиг. 4. Молодые куланы Ашхабадского зоосада.

цей. Эту ослицу молодой кулан начал покрывать уже на второй год своей жизни, что дало возможность собирать

ослиц также оказались много породистее, суше, правильнее и энергичнее, чем ослы, и обещают быть до-



Фиг. 5. Куланонид от ослицы в возрасте 1 месяца.

сперму на вагину и производить искусственное осеменение кобыл. Ослицу кулан охотно покрывал естественным путём. Первый гибрид получен в 1939 г. от ослицы, но он оказался уродом. Зато следующие годы дали прекрасные результаты: в 1940 г. от



Фиг. 6. Куланонид от лошади в возрасте 1 месяца.

вольно крупными. Четыре гибрида-куланоида экспонировались в 1940 г. на Всесоюзной Сельскохозяйственной выставке и вызвали исключительный интерес (фиг. 5, 6 и 7).

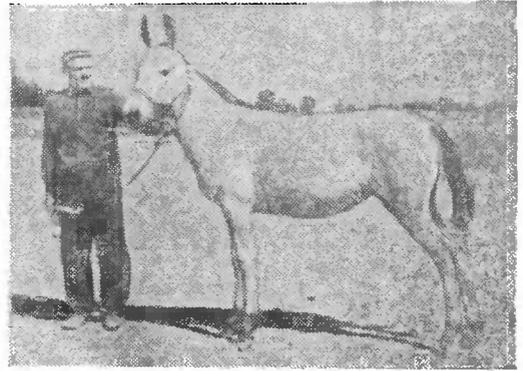
Опыты скрещивания кулана-самки с ослом и лошадью проводились

Ашхабадским зоосадам в течение 1937—1939 гг., но unsuccessfully. Спаривание с ослом производилось естественным путём, а с лошастью—искусственно. Осеменение спермой, взятой от жеребцов-производителей иомудской и ахалтекинской пород, производилось дважды, но оба раза оплодотворения не последовало. Неудача, повидимому, получилась из-за технических несовершенств операции.

Таким образом опыты по гибридизации показали, что скрещивание онагра с ослом и лошастью вполне возможно. Первые результаты дают основание ожидать обогащения рода лошадиных новыми комбинациями генофонда, из которых можно будет вывести путём селекции новых домашних животных с качествами, ещё не имеющимися у ранее одомашненных представителей лошадиных. Но работа далека от завершения, — в ней ещё очень много неясного. Прежде всего, будет ли полученное потомство куланоидов плодovито и какие изменения последуют в ближайших поколениях? Затем точных наблюдений, например по резвости бега онагра, не проводилось, и все данные как устные, так одинаково и литературные нуждаются в критической проверке. Вопрос, является ли кулан более резвым бегуном, чем лучшие скакуны, выведенные человеком среди лошадей, не имеет серьёзного значения. Можно предполагать, что в условиях япподрома кулан будет значительно уступать лучшим рысакам. Гораздо большее значение имеет приспособленность, относительная резвость, нетребовательность в кормах и выносливость кулана в пустынных условиях. Рассчитывать на использование самого кулана не приходится: его поголовье слишком малочисленно и выучка трудна, так что без длительной селекционной работы новый вид одомашненного животного мало к чему будет пригоден. Совсем другие перспективы открываются от возможности гибридизации онагра с лошастью и ослом [7].

Уже то немногое, что пока достигнуто в работе с куланом по линии его акклиматизации и, особенно, гибридизации, останавливает внимание на этом единственном представи-

теле диких лошадиных у нас в СССР. Безусловно это копытное заслуживает самого пристального внимания к себе, — сохранения его и размножения. Теперь можно быть вполне уверенным в том, что эта работа имеет не только научное или культурное значение, но и народнохозяйственное. Но вместе с тем необходимо подчеркнуть ещё раз, что эти ценные животные находятся накануне полного исчезновения, так как территория, на которой обитает кулан, и вместе с этим и его популяция с каждым годом прямо катастрофически уменьшаются [8].



Фиг. 7. Кулансид от лошади в возрасте 1 года.

### Причины вымирания кулана в природе

Ещё недавно кулан не представлял редкости и был широко распространён по Туркмении. По указанию М. А. Зарудного, он обитал в пустынных местах к юго-востоку от р. Атрек [2]. По материалам Карелина, в прошлом веке это животное встречалось большими стадами по Уст-урту. Эверсман также нашёл его по берегам Каспийского и Аральского морей [2]. К началу нашего века это крупное животное сохранилось, как мы видели, только в южной Туркмении. По уверениям С. И. Билькевича, в 1915 г. кулан в значительном количестве, стадами в 5—20 голов, водился в юго-восточных Кара-кумах — от восточных отрогов Копет-дага (станция Душак Ашхабадской ж. д.) и на юго-восток до Аму-дарьи, где обитал в предгорьях и прилегающих к ним равнинах [2]. По рассказам

ашхабадских охотников, у подножия Копет-дага, близ ст. Қаахка, кулан встречался даже ещё в 1927 г. [8]. Ю. Б. Гринбергом он отмечен в 1934 г. у афганской границы от поста Ислим-чешме до Серахса и ещё выше до аула Миана [20]. В 1935 г. П. С. Макеев встретил 2 куланов в Карабиле [12].<sup>1</sup> Специальными исследованиями М. П. Розанова, проведенными в 1935 г., установлено, что в южной Туркмении лишь незначительные остатки сохранились в пограничной полосе между Кушком и Серахсом, именно на Бадхызе [16]. Г. И. Ишунин в 1939—1941 гг. установил, что площадь, занимаемая вымирающим куланом, за последние годы ещё значительно сократилась и доведена до минимума [8]. Таким образом из исторического обзора видно, как идёт процесс сокращения ареала обитания изучаемого животного, его темпы и направление.

Существует мнение, будто гибель кулана обусловливается главным образом хищническим истреблением его охотниками. В данное время, когда охота на него строго запрещена, вымирание вида вызывается другими причинами, а именно: онагр вытеснен человеком из мест, пригодных для его обитания, приспособиться же к жизни в новой экологической обстановке он не может. Наблюдения за сокращением мест обитания онагра, проводившиеся в течение 1938—1941 гг., с несомненностью показывают это. Ещё в 1927 г. охотники встречали кулана около Душака и Миана, — сейчас там его нет, так как плодородные земли предгорий Копет-дага заняты под культуры, а на водных источниках поселился человек. До 1936 г. кулан ходил на водопой в Мургаб, на то место, где сейчас раскинулось водохранилище Ташкепристроя. С постройкой плотины и заселением местности дикое животное ушло отсюда в глубь Бадхыза. Ещё совсем недавно онагры паслись на холмах вблизи ст. Кала-и-мор; но с развитием овцеводческого совхоза пастбища были

заняты овцами, и кулан исчез и отсюда. По наблюдениям знатного мергена (охотника за волками) Ага Ходжа Назарова, последних трёх куланов он не видит в этих местах уже второй год. Железная дорога, отделяющая Бадхыз от Карабиля, по всей видимости, является непреодолимым препятствием для диких копытных: на водопой в р. Кушк со стороны Бадхыза эти звери могут ходить лишь там, где дорога переходит на правую сторону реки. Несколько лет назад кулана часто видели на водопое у реки между железнодорожным мостом через Кушк и ст. Чепен-и-бид. Однако последнее время, с развитием железнодорожного движения, осторожный зверь в этих местах стал появляться совсем редко. Обследование участка полупустыни между ст. Кала-и-мор, долиной Кагазлы и колодцем Ча-и-нури, проведенное весной 1941 г., выяснило, что последние годы кулан здесь стал редким гостем, так как весь этот участок занят многочисленными отарами каракулеводческого совхоза Кала-и-мор. Таким образом последние могики вымирающего вида прижаты вплотную к государственной границе и ютятся возле нескольких источников с питьевой водой, пока ещё не занятых человеком с его домашними животными, постройками и машинами.

М. П. Розанов считает, что спасти онагра от вымирания можно только одним мероприятием — организацией специального куланьего заповедника в Бадхызе [16]. Это безусловно верно. Видимо, кулана ожидает та же участь, что в свое время постигла кавказского зубра. Губит это животное окультуривание местности, расширяющееся с каждым годом и всё интенсивнее внедряющееся в самые глухие и отдаленные уголки пустыни. В Бадхызе идёт бурный рост каракулеводческих совхозов; затем мероприятия оборонного значения изымают один за другим источники с питьевой водой из пользования их дикими животными и тем самым выживают этих животных из мест, которые до сих пор были как бы заповедниками. Не дальше как в ближайшие 3—4 года последние водопойные источники будут заняты

<sup>1</sup> Позднее, в 1939 г., Г. И. Ишунин в междуречье Мургаб — Аму-дарья уже никаких признаков присутствия кулана не обнаружил.

человеком, а вслед за этим последует гибель и последнего кулана онагра. Таким образом в перспективе предвидится, что строгие законы, запрещающие отлов и отстрел кулана, уже не достаточны.

### Мероприятия по сохранению кулана и его размножению

Приведенные факты говорят весьма убедительно о необходимости скорейшей организации заповедника, что является единственным средством для сохранения вымирающего на воле животного. Однако одного этого мероприятия все же недостаточно. Нужно иметь несколько очагов размножающихся животных с различными формами их содержания — как в естественных, так и в искусственных условиях. Необходимо восстановить кулана в западном Колет-даге, где в Больших Балханах проектируется организация заповедника-питомника для акклиматизации копытных. Ещё целесообразнее завоз кулана на острова Аральского моря для вольного содержания. Опыт с сайгаками в этом направлении дал вполне хорошие результаты.

Для фермерского содержания кулана наиболее подходящими местами являются Ашхабадский и Ташкентский зоосады, Узбекистанский научно-исследовательский институт животноводства и Институт по акклиматизации и гибридизации в Аскания-Нова. Алма-атинскому зоопарку необходимо заняться своей, восточной, формой кулана — джегитаем, который на территории СССР стал так же редок, как и онагр.

### Литература

- [1] Л. Адамец. Общая зоотехния. Сельхозгиз, М. — Л., 1933, стр. 39. — [2] С. Билькевич. Коллекция Закаспийского музея. Изв. Закасп. муз., Ташкент, 1918, кн. 1, стр. 9. — [3] Н. А. Бобринский. Определитель охотничье-промысловых зверей СССР. Всесоюзн. кооп. объедин., М. — Л., 1935, стр. 123. — [4] Е. А. Богданов. Происхождение домашних животных. Книгоизд. студ. МСХИ, М., 1913, стр. 353. — [5] А. Брем. Жизнь животных. Просвещение, СПб., 1909, стр. 575 и 577. — [6] Васильевский. Изв. Гл. Геол. разв. упр., XLIX, № 3, 1939. — [7] В. О. Витт. Морфологические показатели конституционных типов и системы классификации конских пород. Сельхозгиз, М. — Л., 1934, стр. 50—54. — [8] Г. И. Ишунин. Материалы по изучению кулана на воле и в Ашхабадском зоосаде. Тр. Ашхабад. зоосада, 1938—1940, Ашхабад. (Рукопись.) — [9] Е. П. Коровин. Новый тип из с. Proteaseae из палеогена Средней Азии. Бот. жур. СССР, № 17, 1933. — [10] Липский. Бот. исслед. в Закасп. обл. Перес. упр., 1915. — [11] П. С. Макеев. Физико-географический очерк низменных Каракумов. Сб. „Природн. ресурсы Каракумов“, ч. II, изд. АН СССР, М. — Л., 1940, стр. 73. — [12] М. А. Мензбир. Очерк истории фауны Европейской части СССР. Биомедгиз, М. — Л., 1934, стр. 45, 175. — [13] Обручев. Закаспийская низменность. Зап. Русс. геогр. общ., XX, 1890. — [14] М. Розанов. В поисках кулана. Известия, № 598, 28 мая 1936 г. — [15] М. П. Розанов. Животные оазисов и пустынь. Сб. „Экспед. Акад. Наук СССР 1935 года“, изд. АН СССР, М. — Л., 1937, стр. 272. — [16] В. А. Селевин. Последние куланы Семипалатинского Прииртышья. Бюлл. САГУ, вып. 22, Ташкент, 1938, стр. 299. — [17] В. А. Селевин. К истории исчезновения кулана из северо-восточного Казахстана. Охотн. и рыбак Сибири, № 4, 1932. — [18] К. К. Флеров. Млекопитающие Мургабской долины. Мург. паразитол. экспед. 1930 г. АН СССР, изд. АН СССР, Л., 1932, стр. 252, 253. — [19] Т. М. Шателникова и Н. В. Румянцев. Куланы. Коневодство, № 2—3, 1934. — [20] В. А. Щекнин. Осуществление гибридизации лошади и осла с куланом. УзНИИЖ, Ташкент, 1940. (Рукопись.)

# НОВОСТИ НАУКИ

## АСТРОНОМИЯ

### НОВЫЕ БЕЛЫЕ КАРЛИКИ И НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ЭТОЙ ЗВЁЗДНОЙ ГРУППЕ

Среди звёзд Галактической звёздной системы особое место занимает группа звёзд, обладающих небольшими линейными размерами, мизерной светимостью и очень большой средней плотностью вещества. Эти звёзды называются белыми карликами.

До недавнего времени их было известно очень мало. В последние годы их число значительно пополнилось.

В 1935 г. советские астрономы акад. Г. А. Шайн [1] и проф. В. А. Амбарцумян, исследуя цвета слабых горячих звёзд, расположенных в низких галактических широтах, нашли, что среди них в большом количестве встречаются белые карлики.

Как известно, в плоскости Млечного пути наблюдается заметное селективное поглощение. Благодаря его действию более далёкие звёзды оказываются более красными, чем звёзды, более близкие к наблюдателю, и совершенно одинаковые с первыми по характеру спектра. Исследуя цветовые показатели (колер-индексы) горячих звёзд, расположенных в Млечном пути, Шейн и Амбарцумян нашли, что на значительном числе таких звёзд заметно сказывается влияние селективного поглощения. Однако в этих же направлениях имеется целый ряд белых звёзд с видимой яркостью 15—16-й зв. величины, на которых селективное поглощение совершенно не сказывается. Если допустим, что эти звёзды являются нормальными звёздами спектральных типов *B* и *A*, тогда нужно считать их очень далёкими от нас, так как абсолютная яркость данных звёзд весьма значительная. Но тогда было бы странно, почему на этих звёздах не сказывается действие селективного поглощения, которое, вообще говоря, должно было бы их сильно окрасить. Это противоречие указывает, что эти звёзды на самом деле очень близки к нам. Но если они близки, тогда при слабой видимой яркости они должны обладать также и незначительной абсолютной яркостью. Всё это означает, что они скорее всего являются белыми карликами.

Эти выводы Шайна и Амбарцумяна были первыми обоснованными соображениями о многочисленности белых карликов. Несколькими позже к тем же выводам пришёл американский исследователь Койпер [2]. В результате кропотливых исследований, произведенных сперва на Иоркской обсерватории, а в последнее время на обсерватории Мак-Дональда в Телесе, он показал, что предполагавшаяся

ранее многочисленность белых карликов является лишь кажущейся. Такое впечатление получается именно в виду слабой абсолютной яркости этих объектов, вследствие которой открытие белых карликов становится затруднительным.

О том же говорит и непосредственное сравнение числа белых карликов с общим количеством звёзд в ближайших окрестностях Солнца. Известно, что в окрестностях Солнца, с радиусом в 5 парсеков находится 48 звёзд. Из них 5 (а именно спутник Сириуса, спутник Прокциона, звезда фан-Маанена,  $O^2$  Эридана *B* и звезда Иннеса), или около 11%, являются белыми карликами [3].

До 1934 г. науке было известно всего лишь пять белых карликов, а именно Сириус *B*,  $O^2$  Эридана *B*, *O* Кита *B* и звезда фан-Маанена. В конце 1934 г. Койпером [4] на Иоркской обсерватории и Туомином (Tuominen) в Лунде к этой небольшой семье было прибавлено одиннадцать новых объектов, из которых звезда *A*, *S.* 70° 8247 и звезда Остерхоффа оказались с физической точки зрения особенно интересными.

Весной 1936 г. фан-Маанен на Моунт-Уилсоновской обсерватории открыл ещё один белый карлик спектрального класса *A0*. Это была звезда Росс (Ross) 627.

В 1938 г. фан-Маанен [6] открыл ещё четыре новых, очень слабых, белых карлика. Абсолютная яркость их лежит в пределах от +15.0 до +15.4-й зв. величины.

К этому уже довольно обширному списку в 1940 г. и в начале 1941 г. было добавлено ещё свыше 30 новых белых карликов, из которых около  $\frac{3}{4}$  было обнаружено на Гарвардской обсерватории Лойтемом (W. J. Luyton) и  $\frac{1}{4}$  Койпером [7] на обсерватории Мак-Дональд.

В таблице на стр. 60 приводим общий список всех известных белых карликов (в него включены как хорошо исследованные, так и подозреваемые белые карлики). В первом столбце таблицы указан порядковый номер звезды. Во втором столбце дано обозначение белого карлика. В третьем столбце приведена абсолютная звёздная величина. В пятом столбце приведён спектральный класс, в последнем столбце указана фамилия астронома, открывшего данный белый карлик.

Среди вновь открытых белых карликов наиболее интересной оказалась звезда *L.* 745-46. Эта звезда, как показали в начале 1941 г. Лойтемом по фотографам Стюартовской обсерватории и Стеарнс (Stearns) по фотографам обсерватории фан-Флек, является, скорее всего, самым плотным из известных нам белых карликов, так как средняя плотность его вещества оказывается разной примерно  $10^8$  г/см<sup>3</sup>.

№ п/п.	Звезда	Абсолютная яркость (M)	Видимая фотографическая яркость (m)	Спектр	Автор
1	Сириус В . . . . .	10.0	7.1	A7	
2	Процион В . . . . .	13.1	13.6	A	Койпер
3	0 <sup>2</sup> Эридана В . . . . .	11.2	9.0	A1	
4	0 Кита В . . . . .	6.0	9.8	B8	Койпер
5	Звезда фан-Маанена . . . . .	14.3	12.3	F2	фан-Маанен
6	Вольф 1053 . . . . .	11.4	11.4	K0	Туоминен
7	Звезда Иннеса-Каптейна . . . . .	11.3	9.2	K2	
8	Айткен 9182 А . . . . .	7.6	7.7	F8	"
9	Айткен 9182 В . . . . .	7.7	7.8	F8	"
10	Айткен 8939 А . . . . .	6.4	7.2	A5	"
11	Айткен 8539 В . . . . .	6.9	7.7	A5	"
12	В. Д. - 34 <sup>0</sup> , 2839 . . . . .	8.3	8.1	A6	"
13	С. Д. - 28 <sup>0</sup> , 433 . . . . .	7.3	8.0	G0	"
14	Вольф 1316 . . . . .	9.8	11.3	B7	Койпер
15	А. С. + 70 <sup>0</sup> , 8247 . . . . .	12.6	13.5	00	"
16	Звезда Остерхоффа . . . . .	8.6	13.4	A2	"
17	Росс 627 . . . . .	13.8	14.1	A0	фан-Маанен
18	Росс 82 . . . . .	15.4	15.7	F	"
19	Росс 503 . . . . .	15.1	15.4	F	"
20	Лоланд 33380 . . . . .	15.4	16.5	F	"
21	V. M. - W. 112 . . . . .	15.0	17.4	F8	"
22	А. С. + 25 <sup>0</sup> , 6725 . . . . .		14.8	A0	Койпер
23	L 1125-63 . . . . .		15.3	F	Лойтен
24	L 981-12 . . . . .		13.2	F	"
25	Росс 198 . . . . .		14.6	A0	Койпер
26	L 795-10 . . . . .		14.1	A3	Лойтен
27	L 587-77 . . . . .		13.8	B	"
28	L 384-24 . . . . .		14.7	B	"
29	L 745-46 . . . . .	13.8	13.0	00	"
30	L 532 81 . . . . .		14.2	00	"
31	L 852-12 . . . . .		11.8	A	"
32	L 898-25 . . . . .		14.5	F5	"
33	L 971-14 . . . . .		14.5	A	"
34	L 980-2 . . . . .		14.0	F	"
35	L 411-46 . . . . .		15.6	A	"
36	L 531-14 . . . . .		14.2	A	"
37	L 967-21 . . . . .		14.1	A0	"
38	L 352-81 . . . . .		12.8	A0	мисс Томас
39	В. Д. - 54 <sup>0</sup> , 2461 . . . . .		13.2	A	Лойтен
40	L 870-2 . . . . .		12.6	A3	"
41	L 505-42 . . . . .		13.8	A-F	"
42	L 505-1 . . . . .		14.5	A-F	"
43	L 581-7 . . . . .		13.7	G	"
44	L 516-8 . . . . .		11.3	F8	"
45	G. P. Д. - 57 <sup>0</sup> , 1139 . . . . .		10.6	F	"
46	G. P. Д. - 45 <sup>0</sup> , 1588 . . . . .		11.7	F8	"
47	G. P. Д. - 80 <sup>0</sup> , 349 . . . . .		11.0	F	"
48	L 402-53 . . . . .		12.0	F	"
49	L 840-60 . . . . .		12.2	G	"
50	L 771-1 . . . . .		12.0	G	"
51	L 491-30 . . . . .		14.5	G	"
52	L 577-28 . . . . .		14.2	G	"
53	L 753-57 . . . . .		14.2	G	"
54	Вольф 489 . . . . .		14.2	K8	У. Морган
55	Росс 451 . . . . .		13.1	K3	Койпер

Можно думать, что в ближайшее время этот список пополнится ещё более значительно. Действительно, более слабые звёзды в окрестностях Солнца радиусом в 100 парсеков изучены ещё очень мало.

Интересно отметить, что все приведенные в этом списке белые карлики распадаются на три весьма резко отличающиеся друг от друга группы. Наличие этих групп впервые было обнаружено в 1939 г. Койпером при

исследовании спектров и колор-индексов 17 наиболее известных белых карликов.

Первая и наиболее обширная группа белых карликов состоит из звезд, обладающих желтоватым, жёлтым и оранжевым цветом. Спектральные их типы изменяются от типа А до К, а поверхностная температура сравнительно невелика и лежит, применчо, в пределах от 5 до 12 тысяч градусов. Типичными представителями этой группы белых карликов являются: спутник Сириуса, спутник Прокциона, звезда фан-Маанена, звезда Вольф (Wolf) 489, звезда Росс 451 и др.

Вторая группа в основной своей части состоит из белых карликов спектрального типа В и данных подклассов спектрального типа А, обладающих поверхностной температурой, примерно, в 15—25 тысяч градусов. Типичными представителями этой группы белых карликов могут служить такие объекты, как 4013 Эридана, 40 Эридана В, белый карлик О Кита В и др.

Третья группа состоит из белых карликов, обладающих в большей своей части совершенно непрерывным спектром без всяких признаков тёмных фраунгоферовых линий. Спектр белых карликов этой группы относится к спектральному классу 00. Их поверхностная температура очень высокая и лежит в пределах от 20 до 35, а может быть, и больше, тысяч градусов. Типичными представителями этой группы являются звезда Вольф 219, белый карлик А. С. 8247, звезда L 745-46 и др.

Сравнивая все три группы между собой, можно заметить что они весьма сильно отличаются друг от друга по физическим свойствам. Продвигаясь от первой группы звезд к третьей, увидим, что поверхностная температура и средняя плотность вещества в них заметно увеличиваются, а линейные размеры уменьшаются. Звезды первой группы обладают наименьшей поверхностной температурой и наименьшей средней плотностью вещества. Звезды последней группы обладают наибольшей поверхностной температурой и наибольшей средней плотностью вещества, а звезды второй группы занимают промежуточное положение.

Отсутствие тёмных (абсорбционных) фраунгоферовых линий в спектре звезд третьей группы объясняется тем, что на поверхности этих звезд имеется очень большое напряжение силы тяжести.

#### Литература

- [1] В. А. Амбарцумян и Г. А. Шагин. Астроном. журн., XIII, 1935, № 1, стр. 1—6.— [2] В. Н. Петров. Природа, I, 1939, стр. 63—69.— [3] P. van de Kamp. Popular Astronomy, June, 1910, p. 297—302.— [4] G. P. Kuiper. Publ. Astr. Soc. of the Pacific, Vol. 45, 1934, p. 28.— [5] G. P. Kuiper. Astrophys. Journ., Vol. 85, 1937, p. 253.— [6] A. van Maanen. Astrophys. Journ., Vol. 87, 1938, p. 421—427.— [7] Harvard Announcements Card; май-декабрь 1940 г.; март-апр 1941 г.

В. Н. Петров.

## ФИЗИКА

### МИКРОАНАЛИЗ ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОНОВ

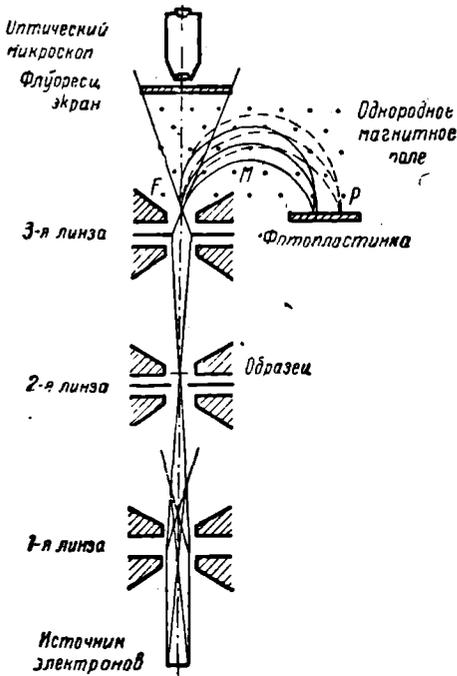
Наблюдения с помощью электронного микроскопа вводят нас в новый мир весьма малых объектов исследования. Электронный микроскоп позволяет определить размеры и форму мельчайших частиц вещества, до 100 ангстрем (одна сотая микрона) в поперечнике. При этом, однако, химический состав частицы остаётся неизвестным. В последнее время был предложен ряд методов определения химического состава, причём все эти методы способны решить задачу лишь в определенных, специальных для данного метода, случаях. Так, например, можно воспользоваться тем, что ослабление пучка электронов пропорционально массе вещества, проходимого пучком. Тогда, определяя плотности почернения фотопластинки, на которой получено изображение объекта в электронном микроскопе, можно судить о распределении массы вещества в поле зрения, а предположив, что толщина объекта везде одинакова, определить и плотность отдельных частиц, находящихся в поле зрения. К сожалению, толщина объекта обычно неодинакова по полю зрения, и для определения плотности нужно измерять толщину исследуемых частичек, что вносит дополнительные трудности. Кроме того, если мы имеем дело с кристаллом, распределение почернения на фотопластинке осложняется дифракцией электронов от этого кристалла.

Можно, правда, использовать дифракционную картину, сосредоточив электронный пучок на исследуемой частице, но это даёт плодотворные результаты лишь в том случае, когда исследуемая частица имеет кристаллическое строение.

В недавних работах Рутеманн исследовал потерю скорости электронами, прошедшими через тонкую плёнку коллодия, и обнаружил на кривой распределения скоростей максимумы, соответствовавшие таким скоростям электронов, которые отвечали потере электронами энергии, как раз равной энергии, потребной для вырывания электронов с внутренних К-уровней атомов углерода, кислорода и азота. Это показывает, что заметная доля электронов рассеивается путём неупругих столкновений с электронами К-уровней атомов, т. е. тех уровней, которые соответствуют квантам рентгеновских лучей.

Этим обстоятельством воспользовались Гилье и Бэккер, сотрудники лаборатории Зворыкина фирмы Радикорпорейшен. Они предложили и разработали новый метод микроанализа при помощи электронов. Метод заключается в том, что исследуемый объект помещается на предметном столике электронного микроскопа (фиг. 1), в котором на объект проектируется сильно уменьшенное изображение катода — источника электронов. Электронная оптика (магнитные линзы) подобрана так, что размер изображения катода на объекте может быть сделан меньшим, чем 200 ангстрем. Направив пучок электронов на

частицу таких размеров, затем проектируют изображение источника электронов на входное отверстие магнитного анализатора скоростей. Магнитный анализатор скоростей напоминает масс-спектрограф обычного типа. В пространстве  $M$  создается сильное постоянное магнитное поле, и электроны, входящие в это поле, будут двигаться по траекториям,



Фиг. 1. Схема микроанализатора.

Точками в верхней части рисунка показано магнитное поле анализатора скоростей, линии которого перпендикулярны плоскости чертежа

представляющим собой окружности с радиусом, обратно пропорциональным скорости электрона. Если мы расположим в  $P$  фотопластинку, мы получим на ней полоску почернения в том месте, куда попадают электроны, вышедшие из  $F$  и описавшие полукруговые траектории. Электроны, летевшие в анализаторе скоростей по круговым траекториям наибольших радиусов, создадут на фотопластинке почернения в местах, более удаленных от точки их входа в анализатор скоростей.

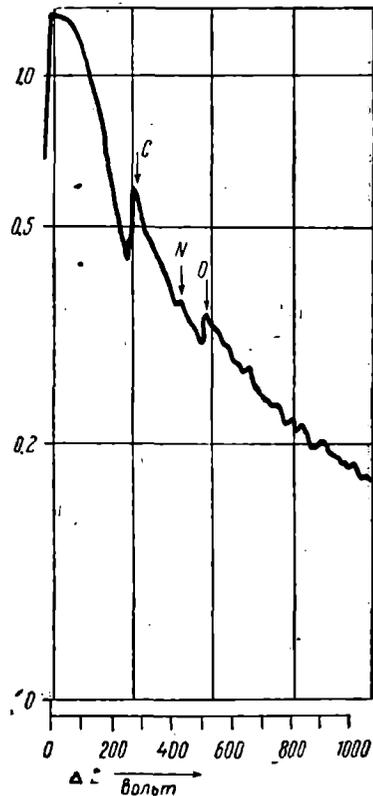
На фиг. 2 мы воспроизводим микрофотограмму снимка, полученного с пленки коллодия. Ординаты этой кривой характеризуют почернение пластинки, а по оси абсцис отложены значения потери энергии электронов  $\Delta E$ , выраженные в электронвольтах. На кривой указаны стрелками три максимума, соответствующие  $K$ -уровням углерода (286.2 вольта), азота (404 вольта) и кислорода (525.8 вольта). Следует отметить, что  $K$ -уровень азота выражен очень слабо и легко может быть спутан со случайными изгибами фотометрической кривой.

Для того, чтобы определить величину  $\Delta E$ , автор измеряет силу магнитного поля

в анализаторе скоростей с помощью флюксметра, сравнивая силу поля в анализаторе с силой поля стандартного соленоида. Зная силу магнитного поля анализатора, легко определить скорость электронов  $E$ , а  $\Delta E$  определится из градуировочной кривой, связывающей  $\frac{\Delta E}{E}$  с отношением  $\frac{\Delta r}{r}$ , где  $r$  —

радиус траектории электронов. Эта последняя кривая строится с учётом релятивистских поправок, так как при скоростях электронов в 30 000 электронвольт релятивистские поправки составляют почти 2%.

Для того, чтобы выбрать частицу, подлежащую исследованию, изображение источника электронов фокусируют несколько ниже образца и получают тогда теньевую картину некоторого участка объекта, спроектированную на флуоресцирующий экран. Изображение на экране рассматривается при помощи оптического микроскопа с небольшим (5—30-



Фиг. 2. Фотометрическая кривая снимка распределения скоростей электронов, прошедших через пленку коллодия.

кратным) увеличением. Когда частица для исследования выбрана, изображение источника электронов проектируется на нее; после этого включается магнитное поле анализатора скоростей.

При налаживании и калибровке прибора авторы исследовали, кроме пленки коллодия, пленку кремнезёма, а также тонкие слои бе-

риллия, алюминия, кремния, железа и цинка, испаренные на коллодин. Для элементов, атомный номер которых больше 14, К-уровни получаются на электронограммах плохо, но зато удается получить L- и M-уровни. Для элементов более тяжёлых, чем цинк, авторам пока не удалось получить снимков.

В таблице приведены результаты определения величин  $\Delta E$  для ряда элементов с атомными номерами от 4 до 30 (второй столбец); в последнем столбце таблицы приведены значения  $\Delta E$ , взятые из Международных критических таблиц.

Элемент	Атом- ный номер	$\Delta E$	Уровень	E (в кВ)	$\Delta E$ (из таблиц)
Be . . . . .	4	129.3	K	46.5	—
C . . . . .	6	285.2	K	25.0	284.2
N . . . . .	7	404	K	25.0	397.6
O . . . . .	8	525.8	K	25.0	525.2
Al . . . . .	13	1605	K	46.0	1553.7
Si . . . . .	14	2033	K	47.8	—
Fe . . . . .	26	703.9	L	26.0	709.8
					723.9
Fe . . . . .	26	51.3	M	25.0	55.5
Zn . . . . .	30	1160	L	46.0	1021.2
					1044.4

Описанный метод требует крайне малых количеств вещества, весом всего в  $10^{-16}$ — $10^{-14}$  г. Напомним, что с помощью спектрального анализа удаётся определить спектр веществ, если их количество, в наиболее благоприятных случаях, составляет всего  $10^{-10}$  г., а с помощью флуоресцентного анализа — почти  $10^{-12}$  г. Таким образом новый метод требует количеств вещества, ещё на несколько порядков меньших, чем самые чувствительные известные до сих пор методы анализа.

К недостаткам метода следует отнести сложность требующейся аппаратуры (электронный микроскоп и магнитный анализатор скоростей). Можно думать, однако, что в дальнейшем он станет более доступным, и тогда этот метод может явиться ценным орудием исследования.

### Литература

[1] С. Ruthemann. Naturwiss., 29, 618, 1941; 30, 145, 1942. — [2] James Hillier and R. F. Backer. Journ. of Appl. Phys., 15, 663, 1944.

В. Г. Вафиади.

## ГЕОЛОГИЯ

### КУЧЕВЫЕ ПЕСКИ-БУЛАКИ И ТМА (ТУМА) В ДЖУНГАРСКИХ ВОРОТАХ

В 1939 г. с июня по сентябрь наш отряд Ташкентского аэрогеодезического предприятия исследовал восточный склон Джунгарских ворот между оз. Кши-алакуль и хр. Бар-

лык ( $46^{\circ}$ — $46^{\circ}20'$  с. ш. и  $82^{\circ}$ — $81^{\circ}30'$  в. д. от Гринича).

Под названием Джунгарских ворот В. А. Обручев понимает широкую долину, которая соединяет Балхаш-алакульскую впадину, расположенную между Джунгарским Ала-тау и хр. Тарагатаи, с Эби-ногской впадиной (западный конец Джугарской Гоби). Джунгарские ворота имеют около 200 км длины (считая от северного берега оз. Ала-куль до южного берега оз. Эби-нор) и в самой узкой части, южнее оз. Джаланаш-куль, — до 10 км ширины. В районе наших работ ширина долины достигает 40 км. Дно Джунгарских ворот находится на высоте 324 м над ур. м. (оз. Кши-алакуль), на запад поднимается хр. Джунгарский Ала-тау свыше 3000 м, а на восток — хр. Барлык до 3000 м. На восточном склоне Джунгарских ворот, между хр. Барлык и оз. Кши-алакуль, мы наблюдали интересные по форме и генезису кучевые пески, большей частью с водой в чашеобразных углублениях, ключи (тма) в западинах и болота.

Кучевые пески расположены по восточному берегу оз. Кши-алакуль, в полосе шириной 2—4 км. Они представляют собой удлиненные кучи, вытянутые с северо-запада на юго-восток. Высота кучевых песков достигает 2—5 м, диаметр 5—15 м. На верхах большинства куч имеются чашеобразные углубления диаметром от 2 до 5 м и глубиной от 0.5 до 1 м, заполненные водой. Вода в этих углублениях холодная и пресная; она или стоит спокойно или бьет ключом, напоминая кипящую. Местные жители (казахи) называют такие ключи «булаками», почему и формы кучевых песков называются «кучевые пески-булаки». В некоторых кучах вода переливается через борт чашеобразных углублений и стекает по склону кучи в виде ручья, теряясь на расстоянии 50—70 м от кучи.

В состав кучевых песков-булаков входят крупный и мелкий песок, лёссовая пыль, пылеватые частицы глины и растительные остатки, отмершие и оставшиеся в самой куче, а также растительный мусор, принесённый извне. Весь этот материал лежит слоями.

Кроме кучевых песков-булаков, в описываемом районе имеются ключи, бьющие из под плотных светлосерых озёрных суглинков, слагающих береговую полосу оз. Кши-алакуль. Эти ключи напоминают по внешнему виду кипение воды в огромном котле. Вода в них также пресная, холодная. Если западина большая и в ней выбивает не один, а несколько ключей, то они сливаются в один поток и устремляются в виде большого ручья в оз. Кши-алакуль. В некоторых местах бесчисленное количество ручьёв, выбиваясь на дневную поверхность, не имеет возможности стекать в озеро и образует болота.

Кучевые пески-булаки, ключи и болота заросли густым тростником (*Phragmites communis*), достигающим высоты 2—3 м.

Чтобы представить себе, как образовались кучевые пески-булаки, ключи (тма или тума, по-казахски) и болота, необходимо дать краткую геолого-геоморфологическую и кли-

матическую характеристику описываемого района.

Восточная часть района представляет собой холмистые предгорья хр. Барлык, которые достигают высоты 700—800 м над ур. м. и являются последней ступенью сбросов, рассекающих склон хребта.

Предгорья покрыты плащом чередующихся песков, глин, обломочного материала, перекрываются лёссовыми отложениями и расчленяются оврагами и реками, в долинах которых обнажаются девонские породы (сланцы, песчаники, известняки, мергели и пр.).

В горах Барлык берет начало много рек (Бургут, Чурут, Пшенды, Дулаты, Джамантеректы, Кепели и др.), которые исчезают в своих наносах ещё до выхода из предгорий. Эти речки образуют огромные конусы выноса, веерообразно раскинувшиеся у предгорий. Предгорья на запад понижаются, и на расстоянии 5—7 км от китайской границы переходят в равнину Джунгарских ворот, наклонённую к оз. Кши-алакуль. Равнина сложена суглинками, переслоёнными с галькой и песком, представляющими озёрные осадки древнего Балхаш-алакульского бассейна. Эти осадки у вышеописанных предгорий перекрываются конусами выносов рек и щебенкой из темнозёлых сланцев, образовавшейся в результате разрушения гор Барлык. Последние называются «корум». Весь этот материал представляет собой рыхлую массу, которая прикрывает склон Джунгарских ворот от предгорий на 18—20 км к западу.

Чем дальше на запад, тем гальки и щебня становится всё меньше и меньше и, не доходя 7—8 км до оз. Кши-алакуль, они совершенно исчезают; равнина сложена светлосерыми озёрными суглинками.

Из климатических условий описываемого района наибольший интерес представляют для нас сильные, сухие ветры, дующие с октября по апрель в Джунгарских воротах. В их распределении замечается некоторая закономерность: 3—4 дня дует юго-восточный ветер из области китайского озера Эбинор, называемый местными жителями «эби» (еврей). После одною-двух дней затишья начинает бушевать северо-западный ветер сай-кан, дующий из области озёр Саяк-куль и Ала-куль. Ветры Джунгарских ворот имеют силу шторма, нередко достигая 30 м/сек.; они настолько сильны, что поднимают на воздух гальку и совершенно выдувают почвы в дне Джунгарских ворот.

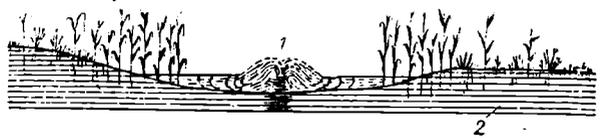
Что же является основной причиной образования кучевых песков-булаков, болот и тма (тума)? Из геолого-геоморфологической и климатической характеристик, а также списания самих образований видно, что основную роль здесь играют грунтовые воды.

Выше было сказано, что в восточной части района из гор Барлык вытекает 7 речек, которые исчезают в своих наносах ещё до выхода из предгорий. Нетрудно понять, что вода этих речек просачивается через рыхлую массу щебня и гальки аллювиально-пролювиальных отложений и, дойдя до плотных озёрных суглинков (водоупорный горизонт), устремляется по поверхности послед-

них к оз. Кши-алакуль. Идя по глинистому водоупорному горизонту под большим напором, вследствие уклона с востока на запад, грунтовые воды с силой прорываются на дневную поверхность и принимают участие в образовании кучевых песков-булаков, болот и тма (тума). Рассмотрим отдельно образование каждого из этих элементов.

### 1. Тма (Тума)

В описываемом районе, вследствие большого наличия грунтовых вод, идущих в оз. Кши-алакуль, выносятся много мелких частичек, поэтому поверхность проседает в виде блюдца. Ветры, дующие с силой шторма (эби и сай-кан), углубляют и расширяют блюдца дефляционным путём и образуют суффозионно-дефляционные западины диаметром от 50 до 300 м, глубиной от 2 до 2.5 м. Если грунтовые воды, идущие под напором, попадают в суффозионно-дефляционные западины, то они с силой выбиваются на поверхность со дна западины или из-под её борта и образуют тма (тума). Тма — казахское слово «рождаю». По суеверным взглядам, вода, выходящая с силой из-под пород, рождается какой-то неведомой силой (со слов местного жителя М. Асанова). В этих тма вода выбивается фонтаном из дна, неся с собой оттуда песок и глину.



Фиг. 1. Схематический разрез (тма тума).  
1 — вода; 2 — светлосерый суглинок.

### 2. Болота

Если в данном месте имеется не одна, а несколько тма, западина неглубокая и скопившаяся вода не задерживается выше, она образует поток, направляющийся в оз. Кши-алакуль. Если же вода не в состоянии стечь по поверхности к озеру, то она образует болото, занимающее незначительное пространство (от 2 до 5 км<sup>2</sup>).

### 3. Кучевые пески-булаки

Если вода выходит на поверхность не в суффозионно-дефляционной западине, а где-либо в более повышенном месте, то напор её слабее, да и самое количество воды меньше. Выходя на дневную поверхность и растекаясь по сторонам, вода увлажняет данное место, чем вызывает буйный рост чья, пырея, камыша и др.

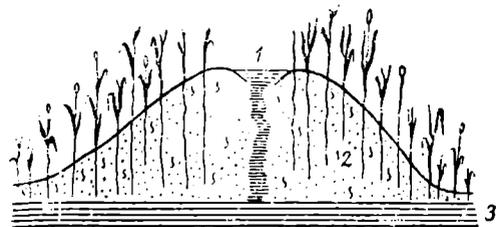
Ветры эби и сай-кан приносят мелкие частицы глин, песка, лёсса (эби — из Китая, сай-кан — из Прибалхашья). Так как в кустах камыша или чья задерживается песок, глинистые и лёссовые частицы, а также растительные остатки, принесённые извне, то они, вследствие периодичности ветров, на-

слаиваются и куча растёт. По мере роста кучи грунтовые воды поднимаются, проникают вверх, образуя на поверхности чашеобразные углубления.

Отдельные типы кучевых песков-булаков:

### 1. Тип тростниковых кучевых песков-булаков

Тростник (*Phragmites communis*) занимает большие площади и задерживает много песка. Кучи большие с плоскими верхами. Вы-



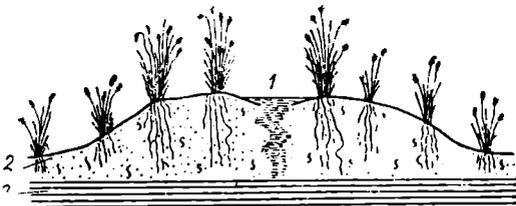
Фиг. 2. Схематический разрез тростникового кучевого песка-булака.

1 — вода; 2 — песок, лёсс, глина, растительный мусор; 3 — светлосерый суглинок.

сота куч 3—5 м, диаметр 10—15 м, диаметр чашеобразного углубления 2—3—5 м, глубина 0.5—1 м.

### 2. Тип чиевых кучевых песков-булаков

Чий (*Lasiagrostis splendens*) распространён в Средней Азии и Казахстане. Он любит пониженные места, где грунтовая вода находится неглубоко. Чиевые кучевые пески-



Фиг. 3. Схематический разрез чиевого кучевого песка-булака.

— вода; 2 — песок, глина, лёсс, растительный мусор; 3 — светлосерый суглинок.

булаки чаще разрушаются ветром, так как чий не выдерживает сильного засыпания. Чиевые кучевые пески меньше по размерам в сравнении с камышёвыми. Высота 1—3 м, диаметр 5—10 м, ширина чашеобразного углубления 0.5—2.5 м, глубина 0.5—1 м.

### 3. Тип кучевых песков-булаков со смешанной растительностью

Кусты ак-ткена — *Agriophyllum minus* F. et M. (белая колочка), чингилия — *Haliotendron argenteum* D.C., караганы, полыни, чия в ассоциации тоже задерживают

скопление песков и образуют кучи самых разнообразных размеров. Высота от 1.5 до 5 м и диаметр от 5 до 15 м. Характерной особенностью этих куч является отсутствие чашеобразных углублений с водой.

Описанная форма кучевых песков-булаков — не единственный случай. В. А. Обручев [3] сообщил еще в 1913 г. о камышёвых кучевых песках, обусловленных источниками. Он объяснил образование этих кучевых песков тем, что на аллювиальной равнине выбиваются на поверхность воды р. Дарбуты, исчезнувшей в своих наносах еще до выхода из гор Джайр (восточный Китай), чем вызывается рост камыша, а последний задерживает песок и пыль и образует кучу.

Проф. А. И. Дзенс-Литовский [1] в 1934 г. при исследовании оз. Денгиз-куль на первой озёрной террасе около урочища Чашма наблюдал группу песчаных бугров с чашеобразным углублением на вершине, наполненным водой. По его мнению, в образовании кучевых песков главная роль принадлежит воде; он не упоминает о роли растительности в процессе нарастания куч. Возникновение кучевых песков без участия растительности кажется нам мало вероятным.

★

Изучение вышеописанных форм кучевых песков-булаков, болот и тма имеет большой научно-теоретический и практический интерес.

Кучевые пески-булаки, тма и другие места с выходами грунтовых вод являются жизненными центрами в пустыне. Над ними стаями выются птицы, к ним за сотни километров приходят стада джейранов; это — места остановок кочевых народов в прошлом и места возникновения колхозных аулов и ферм сейчас.

Буйная растительность пырея, чия, камыша и другого разнотравия связана с выходами грунтовых вод у оз. Ала-куль и Кши-алакуль и представляет собой прекрасные сенокосы и пастбища, снабженные замечательной пресной водой. Этот сенокос занимает 1000 км<sup>2</sup> = 100 000 га и стоит 9 месяцев совершенно открытым от снега.

Такая большая площадь сенокосов, тем более в условиях засушливого Казахстана, должна быть использована нашими колхозами.

### Литература

- [1] А. И. Дзенс-Литовский. Песчаные бугры-булаки и бугры-кудуки в пустыне. Природа, 2, 1939. — [2] А. Г. Гокоев. О буграх вспучивания и гидроакколитах в Казахской степи. Изв. ГГО, 71, вып. 4, 1939. — [3] В. А. Обручев. Кучевые пески как особый тип песчаных скоплений. Сборн. в честь 70-летия Д.К. Анучина. М., 1913. — [4] А. И. Дзенс-Литовский и А. Г. Бергман. Озеро Денгиз-куль и его геологическое прошлое. Сборн. работ ТПЭ, 1934. — [5] В. А. Обручев. Пограничная Джунгария, 3. — [6] Б. К. Терлецкий. Балхаш Алакульская впадина. М., 1931.

И. С. Проценко.

## КАК БЫЛИ ОТКРЫТЫ КАЛИЕВЫЕ СОЛИ В СОЛИКАМСКЕ. (ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА)

Если первые солеварни по рекам Боровой и Усолке близ Соликамска упоминаются впервые в 1430 г. [1], то историю открытия здесь калиевых солей обычно начинают с 1917—1918 гг. (анализы акад. Н. С. Курнакова и его сотрудников [2,3]). В последних работах указано, что образцы с сильвинитом были получены в 1916 г. от инж. Г. Р. Деринг, который в свою очередь их получил от техника Н. П. Рязанцева.

Далее я разными путями установил следующее [4]. Рязанцев до революции был директором Соликамского солеваренного завода купцов Рязанцевых, его дальних родственников. 23 января 1907 г. при бурении расчленившей Людмилинской скважины на Соликамском соляном промысле на глубине 97—99 м была открыта «какая-то соль желтого цвета и красными прослойками». Эта скважина была остановлена на глубине 100 м в каменной соли.

В 320 м южнее Людмилинской скважины находилась Петровская скважина, которая на глубине 86 м вскрыла пласт каменной соли «частью с прослойками гипса, частью чистой». Ниже на глубине 93 м была обнаружена соль темнокрасного цвета. Петровская скважина была остановлена. Образцы солей обеих скважин демонстрировались Рязанцевым разным специалистам. В 1909 г. некоторые из этих образцов фигурировали на Нижегородской ярмарке, куда со времени Петра I шла вся пермская соль. Здесь образцы были переданы и представителям одной германской соляной фирмы. В 1910 г. Рязанцев дал для анализа образцы провизору земской аптеки в Соликамске А. А. Власову. Власов обнаружил в них большое содержание калия и небольшое железа (теперь мы знаем, что красный цвет сильвинита вызывается ничтожной примесью железной слюдки). Рязанцев поднял вопрос о том, чтобы начать эксплуатацию калийной соли и, если надо, расширить круг участников предприятия; сама же эта соль только портила качество поваренной соли, ибо таковая не получалась чисто белой, а розоватой, что не нравилось покупателям.

Тогда купцы Рязанцевы прежде всего пожелали иметь подтверждение солидной лаборатории результатов анализа Власова. Рязанцевы отправили kern скважин в Геологический комитет в Петербург. Испытание здесь производилось в лаборатории, заведующим которой состоял в то время немец Шальфгаузен. Лаборатория нашла ничтожное количество калия и в этом смысле был в Соликамске получен ответ Геологического комитета (в частности, об этом неоднократно говорил ныне покойный А. Н. Шиллов, бывший главным инженером 1-го Калиевого рудника в Соликамске). Kern был употреблен в анализ неполностью (взята только борозда) и хранился ряд лет в музее Геологического комитета. Новое исследование этого керна показало, что он богат

хлористым калием и что, следовательно, первая и решающая справка лаборатории была неправильной. Рязанцевы калиевой солью добывать не стали; соль эта была вновь вскрыта новым бурением в 300 м на запад от Людмилинской скважины в 1925 г. при разведочных работах Геологического комитета горным инженером П. И. Преображенским.

Таким образом немцам внешним и внутренним удалось на значительное время оттянуть открытие и, главное, эксплуатацию калийных солей в России и в СССР и тем продолжить свою мировую монополию в этой области.

Имена Рязанцева и Власова мы должны вспоминать с большой благодарностью (Рязанцев, ныне покойный, служил затем в Калиевом комбинате в Соликамске, его дочь Галина Николаевна Рязанцева и поныне служит в химической лаборатории комбината; о Власове узнать ближе ничего не удалось) и сожалеть, что условия их времени, не позволили им пробить кору косности и иностранного вредительства. Не на высоте оказался в данном вопросе и Геологический комитет, так как химический анализ не был контролирован микроскопическим и микрохимическим способами, не было обращено внимание и на вкус соли, в то время как на это обращал внимание уже Рязанцев: своеобразие окраски и вкуса соли были именно теми причинами, которые заставили Н. П. Рязанцева сдать образцы в специальный анализ (сильвин имеет горьковато-солёный вкус).

Что касается калиево-магниевой соли, карналлита ( $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ), то он был обнаружен позже при систематическом разбуривании Верхнекамского месторождения П. И. Преображенским и А. А. Ивановым.

### Литература

- [1] Я. И. Вайнштейн. Советский калий. 2-е изд., Горхимтехиздат, 1933, 112 стр.— [2] Н. С. Курнаков и др., Изв. Акад. Наук, 1917.— [3] Н. С. Курнаков. Изв. Геол. ком., 1918, т. 37.— [4] Н. П. Рязанцев. Как были открыты калий. Сб. «Проблема уральского калия». Изд. Уральск. обл. нар. хоз., Свердловск, 1926.

П. Н. Чирвинский.

## МИНЕРАЛОГИЯ

### ЗАВИСИМОСТЬ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ АЛМАЗА ОТ РАЗЛИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В НЁМ

Алмаз известен уже несколько тысячелетий, тем не менее о его происхождении и даже о материнских породах, в которых он встречается в природе, известно очень мало. Это обстоятельство объясняется, с одной стороны, трудностью констатации алмазов в твёрдых горных породах, в которых его содержание очень низкое, измеряемое миллионными долями процента, а с другой стороны,

богатство его россыпей в Африке не стимулирует поисков алмазов в коренном залежании. Попытки искусственного их получения до сих пор успехом не увенчались. Существенную роль в расшифровке происхождения любого минерала играют и хими-

ческие примеси, которые указывают на обстановку, при которой происходило образование кристаллов того или иного минерала. Несмотря на то, что теоретически алмаз состоит из чистого углерода, тем не менее каждый алмаз содержит то или иное коли-

ТАБЛИЦА 1

Продолжение

№ п/п.	Наименование алмазного района	Тип алмаза	Характеристика взятых алмазов	№ п/п.	Наименование алмазного района	Тип алмаза	Характеристика взятых алмазов		
1	Ангола . . . . .	I	№№ 1, 2 и 4 бесцветные, № 3 белый. Все взятые камни являются двойниками, не совершенной формы	21	Бразилия . . . . .	II	№ 21 бледно-желтый, № 22 белый. Оба баласы имеют почти сферическую форму с гравировкой на поверхности		
2	То же . . . . .			22	Венецуэла . . . . .				
3	• . . . .								
4	• . . . .								
5	Юго-западная Африка (россыпи) . . . . .	I	№№ 5 и 6 со слабозеленоватым оттенком, мелкие, правильные октаэдры	23	Южная Африка, Кимберлей . . . . .		Бесцветные, с многочисленными гранями, из которых часть принадлежит додекаэдру		
6	То же . . . . .			24	То же . . . . .				
7	Рудник Претииге, Южная Африка . . . . .	I	Простые формы, бесцветные, прозрачные	25	Бразилия . . . . .		№ 25 темнокоричневый, №№ 26 и 27 черные. Карбонадо. Совершенно непрозрачные. Видимые признаки кристаллического строения отсутствуют		
8	То же . . . . .			26	То же . . . . .				
9	Конго . . . . .			27	• . . . .				
10	То же . . . . .	I	Октаэдры; № 9 совершенно бесцветный, № 10 имеет сероватый оттенок	28	Бразилия, Штат Бахия . . . . .	II	№ 28 яркорозового оттенка, № 29 имеет слабозеленоватый оттенок; первый является обломком додекаэдра, а второй — октаэдра. Совершенно прозрачные. № 30 желтый, № 31 густожелто-зеленый. Оба куба. Второй камень является двойником прорастания		
11	Сиерра-Леоне . . . . .			I	№ 11 темнозеленый, непрозрачный			29	То же . . . . .
12	То же . . . . .							30	Конго . . . . .
13	• . . . .	I	№№ 12 и 13 интенсивно-зеленые. Камни различной формы	31	То же . . . . .				
14	Конго . . . . .			I	№ 14 коричневый, № 15 тоже коричневый, со слабозеленоватым оттенком. Камни обладают отдельностью			32	Французская Гвиана . . . . .
15	То же . . . . .	II	Баллас — темносерый, прозрачный. Двойник с многочисленными углублениями на поверхности			33	То же . . . . .		
16	Рудник Претииге, Южная Африка . . . . .			I	№ 17 бесцветный, с очень слабым желтоватым оттенком, № 18 со слабозеленоватым, а №№ 19 и 20 бледножелтые				
17	Бразилия (Венецуэла) . . . . .								
18	То же . . . . .								
19	• . . . .								
20	• . . . .								

чество различных химических элементов в качестве изоморфных примесей.

В этом отношении весьма интересными являются исследования состава алмазов, произведенные F. G. Chesley над 33 камнями, взятыми из различных алмазоносных провинций. Результаты этих работ опубликованы в журнале «Американский минералог» № 1 за 1942 г.<sup>1</sup>

Из табл. 1 видно, что для исследования были отобраны алмазы самой разнообразной формы и окраски из 13 основных мировых алмазоносных провинций. Средний вес алмазов был 0.235 карата.

Каждый отобранный для исследования алмаз сначала взвешивался и фотографировался, а затем раскалывался на две части. Одна часть измельчалась в порошок и бралась для спектрального анализа, а вторая оставлялась для контроля и других опытов. При измельчении алмазов особое внимание обращалось на то, чтобы порошок не был загрязнен металлическими частицами и другими веществами.

Взятые алмазы испытывались на спектрографе на присутствие в них 30 элементов, причём все эти анализы были качественными; количественные величины определялись на глаз. Чувствительность опытов изменялась в зависимости от характера того или иного элемента.

Все данные, полученные в результате изучения спектра в области 2800—4600 Å 33 образцов, сведены в табл. 2.

В процессе произведенных опытов 13 из 30 элементов зафиксированы достаточно чётко. Четыре элемента Al, Si, Ca и Mg составляют постоянную группу, которая присутствует в каждом из указанных выше алмазов (за исключением №№ 23 и 32, в которых Mg отсутствует). Al и Si действуют как «симпатическая» пара; так, если в образце много Al, то и Si присутствует в достаточном количестве. Другие из 13 элементов встречены далеко не во всех образцах и не образуют никаких «симпатических» пар.

В ряде случаев, как исключение, наблюдается зависимость между примесями и географическим положением месторождений алмазов. Например алмазы из района Мазаруни могут быть разделены по примесям на две группы: №№ 17 и 18 и №№ 19 и 20. В Сиерра-Леоне №№ 11 и 13 сходны по составу между собой, но отличаются по содержанию Sr. Различия между составами алмазов из одной и той же алмазоносной провинции такое же, как между камнями из отдельных рудников одной и той же провинции.

Единственная зависимость, которая наблюдается между цветом и составом примесей, относится лишь к двум элементам Fe и Ti. Изучение вышеприведенных таблиц указывает, что окраска алмазов наблюдается в тех случаях, когда присутствует один из указанных элементов или одновременно оба. Здесь же

необходимо указать, что окраска алмазов зависит и от ряда других фактов, причём нередко эта зависимость выражается более резко, чем одно присутствие Fe и Ti.

Изучение зависимости между морфологией кристаллов алмаза и примесями указывает, что алмазы совершенной формы, например №№ 5 и 6, содержат столько же примесей, как многие кристаллы менее совершенной формы, например №№ 23, 24 и др.

Выяснение зависимости между габитусом кристаллов алмаза и примесями произведено лишь для кубов и октаэдров. Октаэдры показали отсутствие Ag и Ti, а кубы показывают содержание этих элементов.

Из табл. 2 видно, что химические элементы (Cr, Fe, Mg, Cu и др.), преобладающие обычно в ультраосновных магмах, в алмазах присутствуют в сравнительно незначительном количестве, между тем как элементы кислых магм играют заметную роль (Pb, Ba, Si, Ag и др.).

Совместное присутствие элементов, свойственных как кислым, так и основным магмам, возможно, указывает на то, что кристаллизация алмаза происходила в слабо дифференцированных магмах, дававших породы типа кимберлитов, которые имеют весьма изменчивый химический состав (содержание SiO<sub>2</sub> колеблется от 20—21% до 45—56%), который нельзя объяснить только захватом посторонних пород.

Необходимо сожалеть, что около 20 элементов весьма трудно определяется спектрографом. К числу их относятся В, О, N, P, S и H, присутствие или отсутствие которых в алмазах могло бы представлять большой интерес для разгадки происхождения алмазов.

Ряд авторов (R. Robertson, I. I. Fox и A. E. Martin) указывают, что алмазы в природе представлены двумя типами. Так, тип I имеет абсорбционную полосу в 8 μ в инфракрасной части спектра и полную абсорбцию при 3000 Å в ультрафиолетовой.

Тип II же имеет полосы при 8 μ и полную абсорбцию наступает при 2250 Å. Тип II встречается более редко, чем I, и, кроме того, тип II более изотропен, чем I, но удельный вес, показатель преломления, диэлектрическая постоянная и флюоресценция не показывают различия между двумя типами алмазов.

Для проверки существования и возможности различия двух типов алмазов была измерена абсорбция в ультрафиолетовой части спектра для ряда исследованных образцов алмазов, которые обладали двумя более или менее параллельными плоскостями, иначе они действовали бы как несовершенные линзы, при которых производство опытов было бы невозможно.

Абсорбция спектра для образцов 1, 4, 5, 6 и 9 показывает резкий край около 3000 Å. Спектр № 29 протягивался почти до 2500 Å. Испытания были в основном качественные. Исходя из этих опытов, алмазы №№ 1, 4, 5, 6 и 9 следует отнести к типу I, а алмаз № 29 — к типу II.

Исследование спектра алмаза № 29 показывает, что он по отношению к другим

<sup>1</sup> F. G. Chesley. Investigation of the minor elements in diamond. The Amer. Mineralogist, vol. 27, № 1, 1942.

ТАБЛИЦА 2

№ п/п.	Алмазоносная провинция	№№ алмазов	Элементы													Спектр. эффект			
			Al	Si	Ca	Mg	Cu	Ba	Fe	Sr	Na	Ag	Ti	Cr	Pb				
1	Ангола . . . . .	1	X	00	X	00	X	XX	00	000	00								
		2	X	000	X	000	XX	X	X	00	00	00							
		3	000	0	X	00	X	000	000	000	00	00	00	00	00				ф,з
2	Юго-западная Африка . . . . .	4	000	00	XX	00	000	X											
		5	00	00	000	00	000	XX											ф,з
		6	000	X	X	000	000	X		X									ф
3	Рудник Premier, Южная Африка . . . . .	7	000	00	X	000	00			00			00						
		8	000	0	XX	00	00	000		00			00						ф,з
		9	000	00	X	000	00			00			00						ф,з
4	Конго (октаэдр)	10	000	0	XX	00	00	X		00									
		11	X	XX	XX	X	000	X	X		00		000						ф,з
		12	X	XXX	XXX	XX	00	XX	000	000	000		000		000				ф
5	Сиерра-Леоне . . . . .	13	XX	X	XXX	X	00	XX	X	XX	00		000		000				
		14	XX	X	000	000	00												ф
		15	X	XX	X	XX	XX			X		00	X		0	000			ф
6	Конго (коричневые) . . . . .	16	00	000	000	X													
		17	XXX	XX	XXX	XX	00	XXX	X	X	00			00		00			ф,з
		18	XXX	XX	XXX	XX	XX	XXX	X	XX	00	00			00				ф
7	Рудник Premier, черные балласы	19	000	000	XX	00	00	000											
		20	000	X	XX	000	000	XX											ф
		21	X	X	X	000	000	XX		000									ф
8	Бразилия, Район Мазаруни . . . . .	22	X	000	X	00	00												
		23	000	00	000	00	00	X											ф
		24	X	XX	000	X	000	X	000				00						ф
9	Бразилия, балласы	25	X	X	X	X	000		000	00									
		26	X	X	000	X	00	00	000		000				00	000			ф
		27	XXX	XX	X	X	XX	X	XX	X				X	000				ф
10	Южная Африка, Кимберлей . . . . .	28	X	000	X	00	00												
		29	000	00	000	00	00												ф,з
		30	000	00	000	00	00								00	00			ф
11	Бразилия, штат Бахия Карбонадо	31	X	000	X	000	00	00	XX	X	X		00	00					
		32	000	00	X	00	00												
		33	X	X	X	000	00					00	00						ф

Примечание. XXX—очень много, XX—много, X—средне; 000—мало, 00—следы, 0—очень незначительные следы; ф—флюоресцирует, з—зональный.

ТАБЛИЦА 3

## Частоты встречи отдельных элементов в исследованных образцах алмазов

№ п/п.	Характер алмазов	Количество образцов	Элементы												
			Cr	Ti	Fe	Mg	Ca	Si	Al	Na	Cu	Ag	Pb	Sr	Ba
1	Все исследованные образцы . . . . .	33	0/6	1/7	9/9	11/20	25/8	15/18	18/15	0/10	8/24	1/10	0/1	8/8	17/2
2	Из них флюоресцируют . . . . .	17	0/3	0/0	5/0	4/13	12/5	6/11	7/10	0/4	3/12	1/0	0/1	3/3	10/2
3	Из них зональных . . . . .	7	0/1	0/0	2/0	2/5	5/2	1/6	2/3	0/2	1/4	0/1	0/0	1/2	4/1

Примечание. Числитель — количество образцов, где данный элемент присутствует в заметном количестве; знаменатель — количество образцов, где тот же элемент присутствует в виде следов.

является наиболее свободным от примесей. В нем присутствуют лишь элементы постоянной группы Al, Si, Ca и Mg.

На этом основании алмаз № 16 тоже следует отнести к типу II. Таким образом опыты над 6 алмазами подтверждают существование двух типов алмазов, несколько различных по свойствам друг от друга.

Кроме того, все 33 алмаза были испытаны на флюоресценцию в ультрафиолетовых лучах, получаемых от ртутной лампы, причём 17 из них оказались флюоресцирующими. Эффект флюоресценции указан в табл. 4.

ТАБЛИЦА 4

№ анализа	Цвет флюоресценции и специальный эффект
2	Слабоголубой во внешней и внутренней зонах с темной полосой посередине
4	То же
5	Желтый
6	Желтый
7	Зональный. Желтовато-зелёный во внешней зоне, несколько более тёмный во внутренней
10	Октаэдр со светлоокрашенной внутренней зоной
15	Темноглубой
16	Светлая внутренняя зона, внешняя зона не флюоресцирует
17	Светлоголубая внешняя оболочка с тёмной зоной в центре
18	Светлоголубой
19	Желтовато-зелёный
20	Слабозелёноватый
21	Светлоголубой
22	То же
23	Густо желтовато-коричневый. Слабо флюоресцирует
28	Светлоголубой
29	Светлоголубая внешняя зона и более тёмная внутренняя

Одним из наиболее интересных результатов этих опытов было обнаружение в алмазах зональности в 7 образцах. Эти зоны наблюдались в виде отчётливых слоёв с одним цветом флюоресценции, окружающих целиком центральные части кристаллов, окрашенных в резко отличные цвета флюоресценции. Этот эффект отчётливее всего наблюдался на гранях октаэдра.

Зональность часто не наблюдалась, если не было свежих поверхностей октаэдрической спайности. Центральная часть алмазов №№ 2 и 29 представляла резко очерченный треугольник. Присутствие его на грани, возможно, есть результат того, что первоначально образец был октаэдром, который при дальнейшем росте подвергся искажению.

Какой-либо зависимости между эффектом флюоресценции и примесями в алмазах уловить не удалось. Нефлюоресцирующие алмазы содержат такое же количество примесей, как и флюоресцирующие. Флюоресценция свойственна обоим типам алмазов. Есть

основание предполагать, что флюоресценция в алмазе, может быть, отчасти является результатом присутствия в алмазах постоянной группы Al, Si, Ca и Mg.

H. W. Lindley указывает, что кристаллы с резкой флюоресценцией бледноголубого цвета более прозрачны в ультрафиолетовых лучах, чем другие, что подтверждается и вышеописанными опытами. Бомбардировка нейтронами каких-либо изменений в алмазах не вызвала.

Из всего вышеизложенного можно сделать общее заключение, что свойства алмаза лишь в сравнительно незначительной степени зависят от химических примесей в нём.

В. С. Трофимов.

## ГЕОФИЗИКА

### ИМПУЛЬСЫ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Солнечная лучистая энергия доходит до земной поверхности в виде двух потоков радиации. Так называемая прямая солнечная радиация — это поток параллельной радиации, интенсивность которой зависит, в основном, от высоты солнца над горизонтом и прозрачности атмосферы. Эта радиация, доходя до земной поверхности, меняется не только количественно, но и качественно. Изменения в спектральном составе происходят в двух крайних участках спектра: инфракрасной области, где поглотителем являются водяные пары, и ультрафиолетовой, — где поглощение обусловлено озоном.

Наличие пыли в атмосфере может тоже не только ослаблять напряжённость потока солнечной радиации, но влиять и на её спектральный состав.

Второй поток солнечной радиации — это солнечная радиация, рассеянная атмосферой и достигающая земной поверхности в виде так называемой рассеянной радиации. Напряжённость потока этой радиации тоже будет зависеть от высоты солнца над горизонтом и прозрачности атмосферы.

При безоблачном небе рассеяние происходит в основном на молекулах газов, составляющих атмосферу — по закону Релея. В этом случае рассеянная радиация особенно богата коротковолновой её частью.

Если на небесном своде появляются облака, то это будет сказываться на потоке рассеянной радиации следующим образом: во-первых, в общем случае интенсивность рассеянной радиации будет возрастать, во-вторых, будет меняться её спектральный состав — поток радиации будет более богат её длинноволновой частью.

В зависимости от количества облаков, находящихся на небесном своде, будет меняться и спектральный состав рассеянной радиации. Уменьшение облачности будет сопровождаться тем, что величина рассеян-

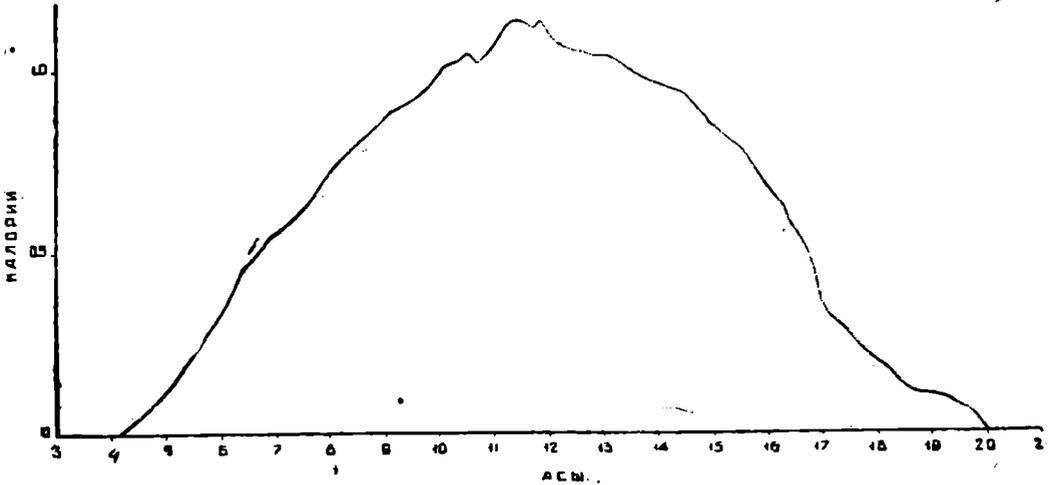
ной радиации будет уменьшаться, но будет более богатой коротковолновой радиацией. Увеличение облачности будет сопровождаться увеличением интенсивности радиации и делать её более богатой длинноволновой частью.

Если, ещё принять во внимание то, что в естественных условиях на земную поверхность, при безоблачном небе, будет одновременно падать и солнечная и рассеянная радиация, последняя более богатая коротковолновой частью; что при наличии облаков, но не закрывающих солнце, мы будем иметь поток солнечной радиации и

ка, — мы будем иметь у земной поверхности очень сильные изменения напряжения радиации в виде импульсов. Частота и интенсивность этих импульсов будут зависеть как от формы облаков, так и от скорости их движения по небесному своду.

Итак, облучение земной поверхности в естественных условиях может быть очень изменчивым как в количественном, так и в качественном отношении.

Если в энергетическом отношении большей частью бывает безразлично, в каком виде за сутки радиация достигла земной поверхности — в виде ли монотонного по-



Фиг. 1. Суммарная радиация 12 мая 1943 г. (недалеко от гор. Свердловска).

рассеянной более богатой длинноволновой частью; что при пасмурном небе имеется только один поток рассеянной радиации. — то мы должны прийти к заключению, что облучение земной поверхности может быть очень переменным и зависеть от времени дня, прозрачности атмосферы и облачности.

Тот поток радиации, который достигает земной поверхности в естественных условиях, принято называть суммарным, так как он состоит из суммы двух потоков: солнечной и рассеянной радиации.

При безоблачном небе у нас имеется монотонное, непрерывное увеличение суммарной радиации от восхода солнца до полудня и такое же уменьшение её от полудня до захода солнца.

При небе, полностью покрытом облаками, мы большей частью имеем тоже более или менее монотонное изменение рассеянной радиации в дневном ходе. В этом случае часто наблюдаются с течением времени изменения её как в одну, так и другую сторону, в зависимости от формы облаков и скорости их движения.

При переменной облачности, т. е. когда солнце то закрывается облаками, то открывается, или если между солнцем и земной поверхностью проходят облачные образования такой формы, которые обладают «просветами», например высококучевые, кучевые обла-

тока или в виде ряда отдельных импульсов, — то для растительного и животного мира это, конечно, будет не безразлично.

К настоящему времени актинометрия, которую благодаря её успехам и достижениям за последние годы сейчас правильнее было бы называть актинология, достигла такого развития, что позволяет нам изучать не только, сколько радиации достигло земной поверхности за тот или другой промежуток времени, как менялся её спектральный состав, но ответить и на вопрос: в каком виде была получена эта радиация.

Недавно опубликованная работа врача Н. Н. Мищука [1] показала, что, с точки зрения влияния радиации на кожу человека, большое значение имеет то — упало ли на поверхность кожи определённое количество калорий в виде монотонного (непрерывного) потока солнечной радиации, или то же количество её было дано в виде отдельных импульсов (интермиттирующая радиация). В последнем случае эритема (покраснение кожи) и пигментация (загар) получаются более интенсивными.

Исследования, произведенные Н. Н. Мищуком, показывают, что при интермиттации радиации, даже если она производится примитивным способом (клетчатый тент), изменение температуры кожи достигает порядка 2—3° в течение нескольких минут.

Для отдельных частей растений, например листьев, благодаря меньшему альбедо листьев по сравнению с кожей [2] и меньшей массе, такая же самая интермитация солнечной радиации произведёт значительно больший эффект — изменения температуры будут иметь большую амплитуду и будут более резкими.

Толчками, импульсами будет происходить и испарение с поверхности листьев, обусловленное импульсами радиации, а следовательно, и температуры; весьма возможно, что и процессы, связанные с фотосинтезом, будут происходить иначе. Есть указания на то, что и корневая система растения в температурном отношении, по сравнению с окружающей почвой, ведёт себя при пульсирующей радиации иначе, чем при монотонном облучении [3].

Всё это указывает на то, что при изучении радиационного режима в ряде случаев надо учитывать не только количество приходящей к земной поверхности радиации и её спектральный состав, но и в каком виде приходит эта радиация — в виде ли непрерывного, плавно меняющегося со временем

в течение 1—2 минут, а иногда и меньше — порядка 10—15 секунд — падает до 0.3—0.5 калории и также быстро возрастает.

Соляриграф, регистрирующий суммарную радиацию, даёт величины последней через каждые 2 минуты. Если бы нарисовать график, дающий величины радиации через каждые 2 минуты, то получились бы при изображении хода радиации такая пестрота, которая сделала бы мало наглядным рисунок в том масштабе, в котором он воспроизведен здесь. Поэтому на фиг. 2, так же как и на фиг. 1, величины радиации нанесены через 4 минуты. Следовательно, в действительности, импульсы радиации происходили значительно чаще, чем они видны на фиг. 2.

Если, по данным записи соляриграфа, для 18 июня подсчитать число изменений интенсивности радиации за час, например, те случаи, когда радиация была на 50% больше или меньше средней часовой величины (не считая более мелких колебаний), то для часовых промежутков от 6 часов до 18 часов получились бы числа импульсов, приведенные в следующей таблице:

Часовой промежуток	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	12—13	13—14	14—15	15—16	16—17	17—18
Число импульсов	6	8	2	9	6	8	7	6	9	9	4	2

потока или в виде отдельных импульсов той или другой продолжительности и величины.

На обширных материалах актинометрических измерений, производимых во многих местах нашего Союза, можно показать, как сильно отличается характер прихода радиации при различных условиях облачности.

В качестве примера здесь приводятся два рисунка. На фиг. 1 показан дневной ход величины напряжения суммарной радиации для 12 мая 1943 г. в местности «Высокая Дубрава» недалеко от Свердловска, а на фиг. 2 — для 18 июня 1943 г. для того же места.

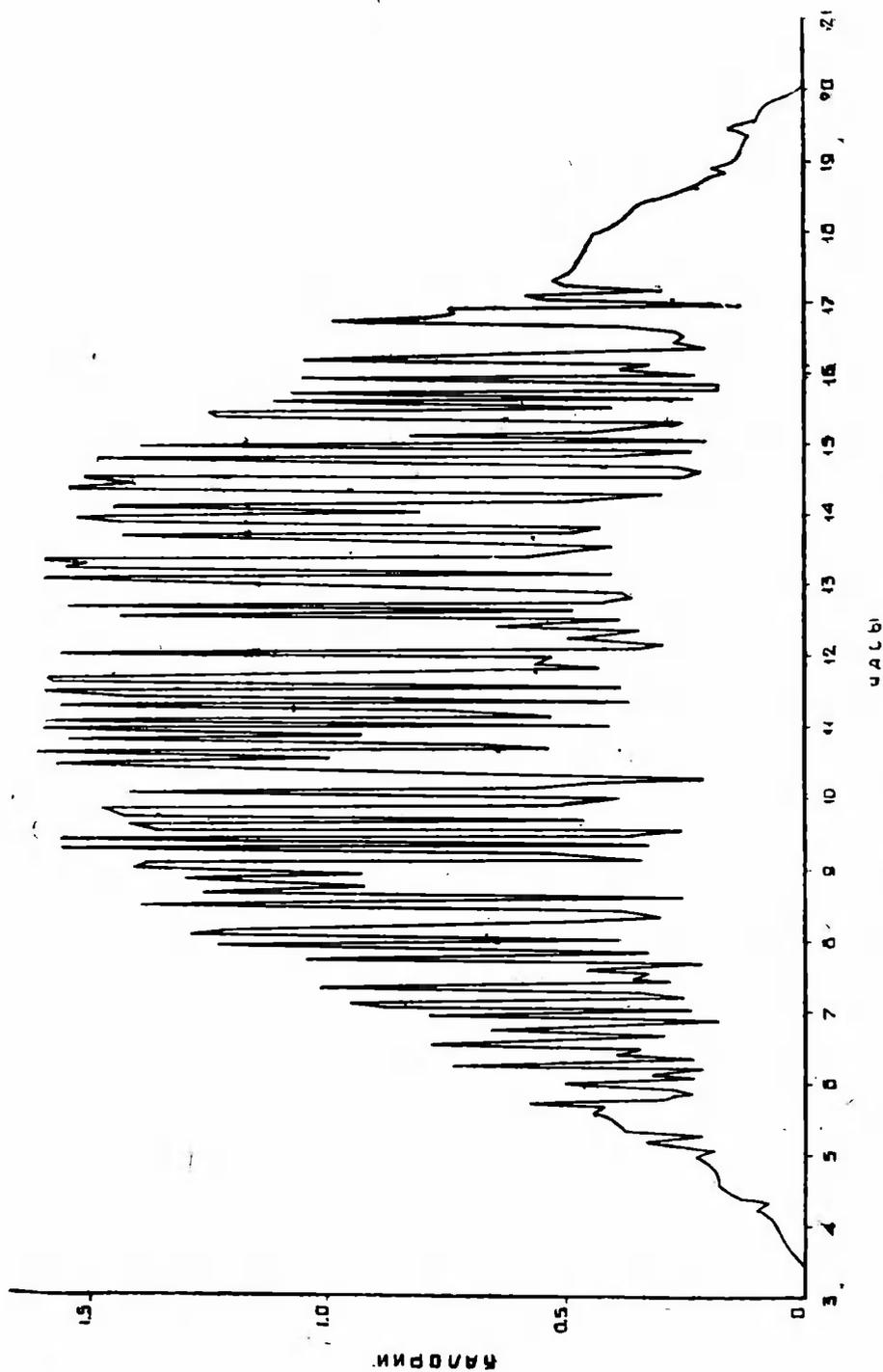
И в первом и во втором случаях на каждый квадратный сантиметр горизонтальной земной поверхности за день упало одно и то же количество радиации, а именно 600 калорий; но в первом случае день был почти безоблачный — небольшое количество перистых облаков, в течение дня солнце облаками почти не закрывалось; во втором случае были кучевые облака, в большом количестве, быстро перемещавшиеся по небесному своду.

Как видно из рисунков, способ, так сказать, «доставки» радиации в том и другом случаях совершенно различный: вместо монотонного со временем изменения радиации в одном случае, мы имеем в другом случае, в течение всего дня, ряд быстро следующих друг за другом импульсов. Напряжение радиации от 1.5 до 1.6 калорий

Из таблицы видно, что даже большие импульсы могут следовать друг за другом через промежутки времени, доходящие до 6—7 минут.

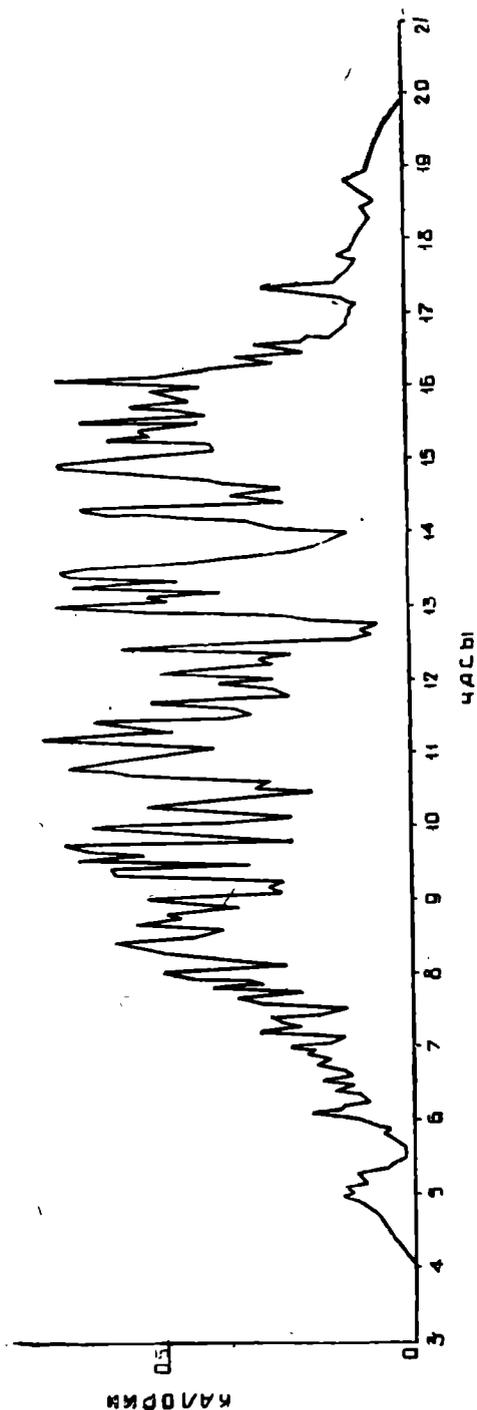
Мне кажется, что прямо уже по виду кривых (фиг. 1 и 2) можно сказать, что целый ряд процессов в растительном мире, зависящих от солнечной радиации, 12 мая и 18 июня должен был происходить по-разному; это должно относиться и к температурному режиму, и к процессам испарения, и, повидному, к ряду других.

Влияние пульсирующего облучения для растений, по сравнению с непрерывным, можно просто проверить на опыте. Для этого надо в местности, где часто бывают периоды безоблачной погоды, воспроизвести установку с «тенью», аналогичную той, которая применяется в актинометрии для регистрации рассеянной радиации атмосферы, а именно теневое кольцо [4]. Но только в этом случае можно обойтись не кольцом, а дугой, и сделать дугу надо не сплошной, а состоящей из полос, перпендикулярно укрепленных к краю дуги и расположенных на некотором расстоянии друг от друга. Задавшись размерами такой полосы, изогнутой в виде дуги, расположив её нужным образом и рассчитав нужные световые промежутки на полосу, можно будет на определённом месте, где будет находиться подопытное растение, создать пульсирующую радиацию определённого режима, например: 5 минут освещение, 5 минут затенение; 5 минут освещение, 10 минут затенение; 10 минут освещение, 5 минут затенение и т. д., в зависимости от



Фиг. 2. Суммарная радиация 18 июня 1943 г. (там же).

величины просветов в дуге, их расстояния друг от друга и размеров всей установки.



Фиг. 3. Рассеянная радиация 15 мая 1943 г. (там же).

При таком устройстве растение будет подвергнуто действию пульсирующей радиации солнца, без всякого ухода за установкой; надо только через несколько дней, в зави-

симости от времени года, немного поднимать или опускать дугообразную полосу.

Имея несколько таких установок и контрольную, можно просто решить ряд вопросов физиологии растений, связанных с импульсами радиации. Пульсирующий приход радиации может быть не только тогда, когда имеется суммарная радиация, когда импульсы происходят за счёт временного выключения из действия солнечной радиации, но и при наличии одной рассеянной радиации, при небе, полностью покрытом облаками, тогда, когда эти облака не однородны по строению и быстро двигаются. Пример такого пульсирующего прихода рассеянной радиации при наличии на небесном своде высоко-кучевых и слоисто-кучевых облаков приведен на фиг. 3. В этот день на один квадратный сантиметр земной поверхности упало 260 калорий. Этот пример относится к 15 мая 1943 г. и для того же места, что и первые два. Для этого дня также имеются в наличии быстро следующие друг за другом отдельные импульсы радиации — то её понижение, то её повышение.

Так как безоблачных мест почти не имеется, то импульсы радиации в природных условиях имеются в наличии почти всегда, только их величины и число будут различны; но весьма возможно, что в определённых климатических условиях они будут более или менее характерны для данного района.

На этот вопрос следовало бы обратить внимание и заняться им специально.

Может быть, вообще в сельскохозяйственной метеорологии надо заняться изучением динамики метеорологических процессов, с точки зрения влияния этой динамики на сельскохозяйственные культуры.

Весьма возможно, что и «пестрота» погоды: сегодня тепло — завтра холодно, сегодня сухо — завтра сыро, сегодня пасмурно — завтра ясно и т. д., имеет немаловажное значение при учёте влияния метеорологических факторов на жизнь растений. Может быть, надо выработать какой-нибудь индекс динамичности метеорологических факторов, в их комплексе, для определённых отрезков времени — пентад, суток, а иногда, может быть, и часов.

### Литература

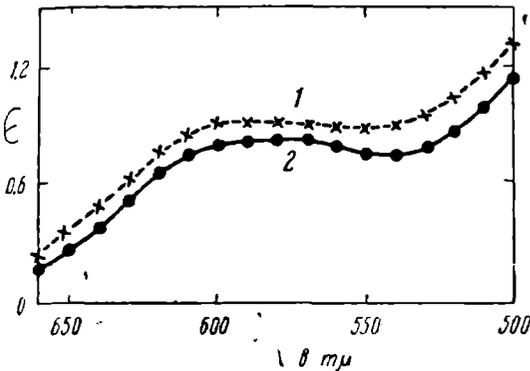
- [1] Н. Н. Мишук. Радиация, свойства клетч. тента и влияние усл. итермит. облуч. солнцем на развитие кожной эритемы. I Сессия Гос. Центр. н.-и. инст. физ. методов леч. им. Сеченова, Севастополь, 1939. — [2] Н. Н. Калитин и К вопросу об изучении радиац. свойств листьев раст. Эксперим. бот., № 5, 1941 (Тр. БИН АН СССР, сер. IV). — [3] Н. Н. Калитин. Опыт изуч. темпер. режима корней, сист. раст. при возд. лучист. энергия. Метеорология и Гидрология, № 9, 1936. — [4] Н. Н. Калитин. Актинометрия. Гидрометиздат., 1938, стр. 71.

Н. Н. Калитин.

## БИОХИМИЯ

### ПИГМЕНТ МАЛЯРИЙНЫХ ПЛАЗМОДИЕВ

Параллельно развитию плазмодиев малярий в эритроцитах количество гемоглобина в последних уменьшается, но вместе с этим в паразитах появляются зёрна пигмента, имеющие красно-коричневый в проходящем и серо-чёрный цвет в отраженном свете. Химической природе этого пигмента посвящена большая литература, где он фигурирует под разными именами: меланин, гематин, гематиновый комплекс, дериват гематина.



Спектрофотометрические кривые.

1 — кривая пигмента из плазмодиев; 2 — кривая кристаллического гематина в 0.5 N  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Новые обширные химические и физические исследования (D. Morrison and W. Anderson, Public Health Reports, USA, 57, 90, 1942), включая спектрофотометрический анализ, показали, что пигмент, изолированный в больших количествах из *Plasmodium knowlesi*, паразитирующего в красных кровяных тельцах обезьян, представляет свободный гематин.

Одновременно с этими работами было опубликовано сообщение о коричневом пигменте из плазмы пациентов, больных лихорадкой, которому было дано, на основании спектроскопических наблюдений, название «псевдометгемоглобина» за его сходство, но не тождество, с метгемоглобином.

Для преодоления различия во мнениях о химической природе пигмента малярийных плазмодиев в США было предпринято переисследование этой проблемы.

В качестве источников для сбора малярийных плазмодиев была взята кровь обезьян (*Macacus rhesus*), инфицированных *Plasmodium knowlesi* (штамм Рокфеллеровского института). Кровь у животных бралась при помощи сердечной пункции во время коллапса, или путем обескровливания под наркозом на высоте инфекции, когда 75% их эритроцитов содержали плазмодии.

В качестве антикоагулянта применялся оксалат калия. Плазма из полученных порций крови удалялась сифоном, а эритроциты гемолизировались дистиллированной водой.

Плазмодии в дистиллированной воде не разрушались, а только слегка набухали. Гемоглобин и другие растворимые пигменты снимались многократными ваннами из дистиллированной воды до отрицательных результатов спектроскопического анализа.

Затем из полученной массы плазмодиев извлекался их пигмент в кристаллической форме. Тождество этого пигмента с гематином легко можно было установить сравнением спектрофотометрических кривых их растворов в водном растворе 0.5 N карбоната натрия (см. фиг.).

Эти опыты дали окончательно доказательство тому, что пигмент в малярийных паразитах химически является ферри-гемовой кислотой (гематином).

Из графика видно, что эти кривые идентичны. Отсутствие полного наложения одной кривой на другую обязано различию концентрации исследуемых веществ.

Д-р И. Ф. Леонтьев.

## МИКРОБИОЛОГИЯ

### БИОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОБЛЕМА ЯДРА У БАКТЕРИЙ<sup>1</sup>

А. Н. Белозерский с 1935 г. занимается изучением нуклеопротеидов и нуклеиновых кислот. Последние являются основной и характерной частью ядерного вещества. Вопрос о ядре у бактерий продолжает оставаться спорным, поэтому исследования биохимика и его взгляды на эту проблему представляют большой интерес, тем более что до сих пор последняя является предметом исследования морфологов.

Цитологи констатируют ядерное вещество в клетке с помощью нуклеиновой реакции Фейльгена, в основе которой лежит обнаружение ядерной или тимонуклеиновой кислоты красочными реакциями. Биохимик же в своих суждениях о ядерном веществе пользуется более точными и специфичными методами выделения и идентификации ядерной нуклеиновой кислоты.

Громадную литературу, посвященную проблеме наличия ядра у бактерий, можно свести к следующим теориям:

- 1) бактерии являются безъядерными клетками;
- 2) бактериальная клетка представляет собой голое ядро;
- 3) ядерное вещество в бактериальной клетке морфологически не дифференцировано, но диффузно распределено в цитоплазме;
- 4) бактериальные клетки имеют морфологически обособленные ядра.

Первая теория не соответствует современному уровню знаний и представляет лишь исторический интерес.

<sup>1</sup> Сводный реферат работ А. Н. Белозерского. „Микробиология“, т. 8, вып. 5, 1939; т. 10, вып. 2, 1941; т. 8, вып. 1, 1941.

Вторая теория также имеет только историческое значение. Морфологические данные о плазмоллизе бактериальной клетки, о её разнообразных включениях и, наконец, пластичность ядерного аппарата бактерий (в разные периоды развития наблюдается видимое изменение хроматина) свидетельствуют в пользу наличия цитоплазмы в бактериальной клетке.

С другой стороны, химический анализ бактерий, проведенный автором (1941), показывает присутствие в них нескольких белков, цитоплазматической нуклеиновой кислоты (типа дрожжевой) наряду с ядерной (типа тимонуклеиновой) и, наконец, случаи отделения ядерного вещества от других частей протоплазмы устанавливают присутствие в бактериях и цитоплазмы.

Взгляды современных исследователей концентрируются вокруг двух последних теорий: теории диффузного ядра и теории морфологически обособленных ядер.

На основании исследования строения бацилл, спиррил, неспороносных бактерий, микрококков, сарцин и, наконец, миксобактерий, Имшенецкий пришёл к выводу, что во всех случаях, за исключением некоторых миксобактерий, не наблюдалось морфологически обособленных ядерных структур; при обработке бактерий ядерными красками клетки окрашивались диффузно, а различные морфологические образования (спиральные нити, полярные зёрна и другие структуры, описываемые некоторыми авторами как ядра) не связаны с ядерным аппаратом бактерий. У миксобактерий же: 1) или наблюдалось диффузное распределение хроматина, но в определённый период происходило его отщипывание в виде различных видимых образований, 2) или другие миксобактерии во все фазы своего жизненного цикла содержали ядерный аппарат, дифференцированный морфологически, но не имеющий строго определённой структуры, или 3) миксобактерии имели обособленную ядерную субстанцию, сохраняющуюся в таком виде в течение всего периода жизнедеятельности клетки.

Аналогичных взглядов для патогенных микроорганизмов придерживается Гамалея: «Ядерное вещество в нормальной бактерии рассеяно по всему её телу, вследствие чего оно всё окрашивается щелочными красками. В непосредственных же, видоизменённых бактериях оно, как сказано, образует большие скопления, дифференцируясь от остальной протоплазмы. Но настоящего ядра более высоко организованных существ, характеризующегося ядерной оболочкой и правильным распределением хроматиновых нитей, у патогенных бактерий нет».

Изложенные точки зрения на ядро у бактерий становятся особенно интересными в свете современных биохимических данных о составе, структуре и распространении ядерной или тимонуклеиновой кислоты.

Тимонуклеиновая кислота может существовать в двух модификациях: «а» и «б», причём её а-форма желатилирует, а б-форма не обладает этой способностью. По Нейману, оба тела полимерны, и а-форму можно пе-

ревести в б-форму путём нагревания со щелочью. При этом, очевидно, происходит процесс дезагрегирования. По Фейльгену, этот процесс осуществляется при участии особого фермента — нуклеолазы. Переход тимонуклеиновой кислоты из б-формы в а-форму сопряжён с увеличением молекулярного давления и ряда других физико-химических признаков. Способность тимонуклеиновой кислоты к агрегации связывается с её биологической ролью в клеточном ядре как формообразующего фактора.

Автор реферируемых статей выдвигает весьма интересную гипотезу о том, что у организмов с диффузным ядерным аппаратом тимонуклеиновая кислота находится в низкомолекулярном состоянии, т. е. в её б-форме, и поэтому её формообразующая роль ещё не выявлена. У тех бактерий, ядерный аппарат которых обособлен в виде каких-либо морфологических образований не только в определённые моменты развития, мы, повидимому сталкиваемся со следующим этапом химической эволюции, когда тимонуклеиновая кислота приобрела способность переходить из низкомолекулярной б-формы в высокомолекулярную агрегированную а-форму, но эта её способность ещё ограничена и проявляется только в определённые моменты жизнедеятельности клетки. И, наконец, на дальнейшей стадии химической эволюции ядерного вещества мы имеем тимонуклеиновую кислоту в её а-форме во все периоды жизнедеятельности клетки. В этом случае имеются в виду высоко стоящие в филогенетическом ряду формы бактерий (миксобактерий), которые характеризуются морфологически обособленным состоянием ядерного вещества, напоминающим таковое у других более высокоорганизованных организмов.

Автор призывает отнестись с большим вниманием к этой теории химической эволюции ядерного аппарата и очередной задачей считает установление той формы, в которой тимонуклеиновая кислота находится у бактерий с диффузным ядерным аппаратом.

Дальше Белозерский анализирует работы Пешкова, сторонника теории морфологически обособленного ядра у бактерий, как постоянных структурных элементов клетки.

Этой теории посвящена тоже большая литература. Многими авторами описывались бактерии, имеющие в плазме структуры, по своему поведению и отношению к красящим веществам подобные ядрам высших форм. Наряду с этим неоднократно описывались случаи амитоза и митоза бактериальных ядер. Многие из этих работ потом оказались несостоятельными.

Автор отмечает, что вопрос о дифференцированных ядрах у бактерий остаётся очень спорным. Только для некоторых бактерий, стоящих в филогенетическом ряду наиболее высоко, повидимому, можно считать доказанным наличие в них дифференцированного ядра. К таким формам относятся некоторые миксобактерии (Имшенецкий) и недавно открытые Пешковым организмы *Caryophanon latum* и *Caryophanon tenue*, занимающие промежуточное положение между бактериями

и синезелёными водорослями. В них Пешковым описаны ядра, имеющие форму пояска или пластинки, в основе которой лежит тонкая ахроматиновая нить. Эти ядра окрашиваются ядерными красками и дают положительную нуклеиновую реакцию Фейлгена. Число ядер в разных особях варьирует от 4 до 20 и более. Без особых к тому оснований Пешков считает, что и другие бактерии имеют ядерный аппарат, сходный по своему устройству с таковым у *Caryophanales*. Правда, ему удалось наблюдать в червеобразных «швермерах» *Proteus vulgaris* образования, аналогичные таковым у *Caryophanon latum* и *tenue*. Однако сам Пешков признает, что «у мелких форм размножения протей ещё не удалось увидеть какого-либо типичного расположения хроматина».

Дальше, критикуя работу Пешкова, посвящённую циклу развития водного сапрофита *Achromobacter Epsteinii*, которого последний относит к ядерным формам, Белозерский пишет: «по моему же мнению, изученный им организм (*A. Epsteinii*) является типичным представителем бактерий с диффузным ядром. Об этом свидетельствует необычайная пластичность ядерного аппарата *A. Epsteinii*, которая вытекает из рисунков, представленных Пешковым в его работе. В самом деле, в нормальных палочках, по признанию самого автора, мы сталкиваемся с хроматином в мелкодисперсном состоянии, в дальнейшем происходит от смешивание хроматина, который может быть либо в виде отдельных зёрен, довольно крупной величины, либо в виде сеточек, спиралей и т. д. В данном случае мы имеем те картины, которые характерны для бактерий с диффузным ядерным аппаратом».

Белозерский категорически протестует и против следующего положения Пешкова: «хромосома-ядро у бактерий может быть постоянно лишена хроматина при нормальных делениях и в этом случае должна рассматриваться, как свободная генома — упругая нить, взвешенная в цитоплазме бактериальной клетки».

Накапливающийся фактический материал всё больше убеждает в прямой связи между хроматином и ядерной субстанцией, если под хроматином понимать вещество, содержащее в своем составе тимонуклеиновую кислоту. Иначе и быть не может, так как не имеется других критериев для суждения о присутствии и расположении ядерной субстанции. Ядерное вещество и тимонуклеиновая кислота не отделены друг от друга. В этом цитологи убеждаются всё больше и больше, и количество так называемых «ахроматиновых ядер», т. е. ядер, как будто бы лишённых тимонуклеиновой кислоты, катастрофически падает.

Подводя итоги критическому обзору вопроса о ядре у бактерий, автор приходит к следующему выводу: эта проблема попрежнему остается спорной, но данные химического анализа позволяют высказаться в пользу существования у бактерий диффузного ядра. В самом деле, миксобактерия *Sorangium* sp., организм с постоянным дифференцированным ядерным материалом в виде ядер ок-

руглой формы довольно больших размеров, содержала 40% ядерного вещества; клетки *Proteus vulgaris* — 30%, сарцин — 25—28%, *Spirillum volutans* — 25% (по анализам автора). Если бы клетки *P. vulgaris*, сарцин и *Sp. volutans* имели дифференцированные ядра, то они должны были бы быть доступны микроскопическому наблюдению даже без особых затруднений. А поскольку этого нет, то следует считать, что ядерная субстанция у этих организмов не оформлена и находится в диффузном состоянии в цитоплазме бактериальной клетки. Справедливость этого вывода автор подтверждает и следующим фактом: «Из 2-суточной культуры *Sp. volutans* мне удалось выделить до 12% вещества, которое являлось составной частью волютина и было охарактеризовано, как волютиннокислотная кислота. Если даже предположить, что волютин только на 50% состоит из волютиннуклеиновой кислоты, а остальные 50% падают на какое-то неизвестное тело (впрочем, это мало вероятно), тогда в клетках *Sp. volutans* должно было быть до 24% волютина, т. е. такое количество, которое приближается к количеству ядерного вещества. Между тем волютин в клетках *Sp. volutans* можно легко обнаружить в виде многочисленных зёрен довольно крупной величины, в то время как ядерное вещество у этого организма остаётся до сих пор недоступным микроскопическому наблюдению».

Автор целиком соглашается с мнением Имшенецкого, который считает, что у подавляющего большинства бактерий ядерная субстанция дифференцирована в химическом и не обособлена в морфологическом отношении».

Н. М. Авдиевич.

## МЕДИЦИНА

### ИНГАЛЯЦИОННАЯ СУЛЬФОАМИДНАЯ ТЕРАПИЯ

Замечательный терапевтический эффект сульфонамидов ограничивается их плохой растворимостью в воде. Это обстоятельство требует при парентеральном введении эффективных доз сульфонамидов слишком больших количеств воды. Правда, натровые соли сульфонамидов более растворимы в воде, но чрезвычайная щёлочность таких растворов затрудняет их использование при парентеральных инъекциях или при нанесении на слизистые оболочки.

Отсюда понятно, что всякая попытка создать новую форму введения в больной организм сульфонамидов представляет большое научное и практическое значение.

Недавно в США [1] был предложен новый метод получения водных препаратов сульфонамидов, нейтральных по реакции, то достаточно концентрированных. Эти растворы готовились из маленьких кристаллов — «микрорекристаллов» этих веществ, давая в руки вра-

лей стойкие водные суспензии, по физическим свойствам похожие на суспензии магнезии. Такие препараты могли быть инъецируемы тонкими иглами под кожу, вливаться в раневые щели или же пульверизоваться, образуя в воздухе сульфонамидный «дыман».

Дальнейшая разработка этого вопроса привела к созданию способа введения сульфонамидов в организм животных и человека путем ингаляций, создавая в воздухе из сульфонамидов «дым» из их микрокристаллической формы (фиг. 1 и 2).

Для приготовления «дыма» из микрокристаллов сульфонамидов [1] берут 5%-е водные взвеси и вводят при помощи особого пульве-



Фиг. 1. Кристаллы обыкновенного про-  
дажного сульфатиазола ( $\times 450$ ).  
Каждое деление шкалы = 2 микрона.

ризатора в камеру с тем или иным экспериментальным животным (в данном случае белыми мышами, весящими в среднем 20 г). В этой камере капельки суспензии быстро сохнут, тем самым обуславливая состояние сульфонамидного «дыма» в её воздухе. Большинство сульфонамидных частиц имело диаметр от 1,6 до 4,8 микрона.

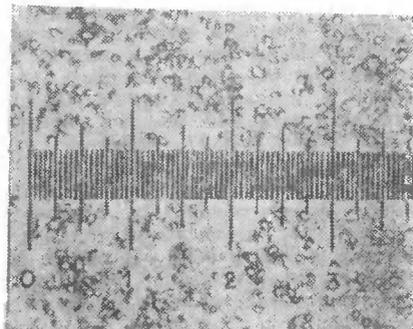
Ряд экспериментов, проделанных для определения эффекта продолжительной ингаляции такого «дыма» на нормальных мышей, показал, что после определённых периодов экспозиции (15—240 мин.) можно констатировать у мышей присутствие в их крови, лёгких и содержимом желудка сульфатиазола, при полном отсутствии болезненных явлений как во время ингаляции, так и после неё. Тщательное исследование лёгких через различные интервалы, в течение нескольких дней после ингаляций, также не обнаружили каких-либо нарушений в этом органе, за исключением небольшой гиперемии вскоре после начала ингаляции.

Для того чтобы определить, как велико количество сульфатиазола, какое может абсорбироваться через лёгкие, у морских свинок были проделаны операции трахеотомии и перевязки пищевода. Значительных различий в накоплении сульфатиазола в крови свинок, при сравнении с неоперированными животными, в этих опытах установить не удалось.

Не менее интересны и химиотерапевтические опыты с сульфатиазоловым «дымом». Из

экспериментов микробиологов известно [2], что предварительные ингаляции сублетальных доз вируса инфлюэнцы белым мышам делают их более восприимчивыми к последующим ингаляциям пневмококков, приводя животных к гибели. В соответствии с этими фактами опыты микробиологов были повторены и подтверждены, причём дополнительными опытами была доказана полная эффективность сульфатиазолового «дыма», как лечебного агента у мышей, подвергнувшихся вторичной экспериментальной бактериальной пневмонии.

Таким образом фармакологические эксперименты, показав, что сульфатиазол может вводиться в организм ингаляцией, приводя к



Фиг. 2. Кристаллы сульфатиазола, пре-  
вращенные в «микроформу» ( $\times 450$ ).  
Каждое деление шкалы = 2 микрона.

высокому уровню лекарства в крови испытуемых объектов, оказались крайне полезными при химиотерапевтических исследованиях. Последние выявили отсутствие как качественного превосходства пероральных приемов сульфонамидов перед лёгочными, так и количественных различий. Ингаляции сульфатиазольного «дыма» в такой же мере снижали смертность мышей от ингаляций ими пневмококков после предыдущего заражения вирусом инфлюэнцы.

В опытах на людях, при помощи специально сконструированного пульверизатора, позволяющего вводить в форме «дыма» сухие микрокристаллы сульфатиазола в носовую или ротовую полость, удаётся также получать достаточно удовлетворительный уровень сульфонамидов в их крови. Сульфонамиды, взятые для таких ингаляций в достаточном количестве, хорошо действуют при ринитах или фарингитах.

#### Л и т е р а т у р а

[1] T. Harris et al. Amer. Jnl. Med. Sci. 205, 1, 1943. — [2] W. Wells and W. Hendel. Proc. soc. exper. biol. and med., 48, 298, 1941.

Д-р И. Ф. Леонтьев.

## ЗООЛОГИЯ

### О СПОСОБАХ ПИТАНИЯ РЫБ ПЛАНКТОНОМ

Вопрос о механизме процесса питания планктоноядных рыб, т. е. о способе нахождения и захвата ими мелких планктонных организмов, представляющий значительный интерес для проблемы естественной продуктивности пелагиали, до сего времени освещен в специальной и учебно-популярной литературе недостаточно и спорно, а подчас и просто неверно.

В своё время была особенно популярна так называемая теория механической фильтрации, получившая большое распространение в учебно-популярной литературе, которая исходила из признания идеальной приспособленности жаберного аппарата планктоноядных рыб для фильтрации мельчайших планктонных организмов. Согласно этим взглядам, имеющим сторонников и до сего времени, рыба во время питания планктоном не отыскивает активно свою пищу, а получает её более или менее пассивно, и даже вынужденно, плаывая с открытым ртом и пропуская через ротовую полость огромные количества воды, причём совершенно устроенный жаберный фильтр играет роль сита, отсеивающего планктонные организмы (Lewis, 1921). Развитие океанографических исследований показало несостоятельность этого упрощенного взгляда, причём цифровым материалом было точно доказано полное несоответствие между количеством воды, пропускаемой рыбой через жаберноротовую полость, средней плотностью распределения планктонных организмов в толще воды и суточным потреблением планктона рыбой (Ваглер, 1927; Окул, 1940, и др.). Непосредственные наблюдения над процессом питания планктоноядных рыб, изучение состава их пищи и времени питания и, наконец, экспериментальные исследования заставляют в настоящее время отказаться от теории механической фильтрации, хотя всё же вопрос о выборочности питания и о роли органов чувств в питании планктоноядных рыб не получил до сих пор единодушного разрешения. Большинство современных авторов<sup>1</sup> основную роль при питании рыб планктоном придают зрению. В пользу этого взгляда, кроме непосредственных аквариальных и полевых наблюдений, говорят многочисленные факты различного рода выборочного питания (качественный положительный или отрицательный отбор и особенно отбор по величине организмов), усиленного питания планктоном лишь в светлое время суток или в ясные лунные ночи (Джонсон, 1940); в экспериментальных условиях доказана прямая зависимость между

освещённостью аквариума и интенсивностью питания рыб планктоном (Сушкина, 1942).<sup>1</sup> Некоторые авторы, в частности Шиненц (Schienetz, 1924), допускают участие в этом процессе обоняния, другие придают значение органам вкуса (Кайзер-Ветч и Фельман, 1915, 1917). В 1932 г. появилась работа физиолога Вундера (Wunder), в которой сделана попытка разрешить этот вопрос экспериментально. Однако, избрав для опытов мало-подходящий в данном случае объект (капр), Вундер после многочисленных экспериментов пришел фактически к восстановлению, в видоизменённом виде, теории механической фильтрации, считая, что ни одна из систем органов чувств — ни выдвижной аппарат рта, ни время суток, ни подвижность планктонных организмов — не играет никакой роли в потреблении планктона карпом. Также за механическую фильтрацию, вплоть до вынужденного питания фитопланктоном при дыхательных движениях, высказывается Бромлей (1936) для амурского толстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*) и особенно Левис (Lewis, 1921) для калифорнийской сардины (*Sardinops sagax coerulea*); некоторую роль такому способу питания придаёт Харт (Hart, 1930) для сига и т. д. Однако вышеотмеченная вкратце противоположность во взглядах на способы питания планктоноядных рыб не является, по нашему мнению, порочной и в большинстве случаев объясняется различием в выборе объектов, а иногда и методов исследования. Работы сотрудников Севастопольской биологической станции Академии Наук СССР (Л. В. Арнольди, К. Р. Фортунатова, А. П. Андрияшев) выявили многообразие типов черноморских рыб по биологии питания, тесно связанных с общей адаптацией видов к различным условиям существования; в частности, были сделаны некоторые наблюдения и над питанием рыб планктоном. Среди других рыб обращает на себя внимание биология питания смариды (*Smaris smaridis flexuosa*). Это — обычная прибрежная рыбка, питающаяся в основном мелкими прибрежными беспозвоночными и планктоном, а также за счёт обрастаний (зелёные и диатомовые водоросли).<sup>2</sup> Смариды имеет не-

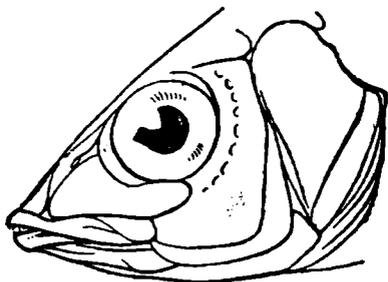
<sup>1</sup> Из обширной литературы отметим работы Буллена (Bullen, 1920), Бауэра (Bauer, 1921), Дамана (Damant, 1921), Харди (Hardy, 1924), Ваглера (Wagler, 1927), Парра (Parr, 1930), Грезе (1939), Окула (1940), Джонсона (Johnson, 1940), Сушкиной (1940, 1942), данные К. Р. Фортунатовой, Л. В. Арнольди и др.

<sup>1</sup> При рассмотрении вопроса о способе питания рыб планктоном обычно не учитывается такой существенный фактор, как движение самих планктонных организмов, хотя известно, что часть сравнительно крупных ракообразных (например *Calanus finmarchicus*) успевают уходить даже при лове небольшими планктонными сетками и насосами. Ловчая же способность рта рыб при пассивной фильтрации воды несоизмеримо меньше эффективности приборов, применяемых при лове планктона.

<sup>2</sup> В желудке смарид из Севастопольской бухты нам неоднократно приходилось находить *cirri mandibulae* взрослых *Balanus*, которые смариды, повидному, успевают откусывать посредством своего молниеносно выбрасывающегося выдвижного рта, до того, как *Balanus* захлопнет створки.

большой конечный, но чрезвычайно сильно выдвинутой рот; о величине выдвижения её рта можно судить по следующим измерениям: длина рыла при закрытом рте (фиг. 1) составляет 28—30% длины головы, в то время как длина рыла при выдвинутом рте достигает 57—61% длины головы. Разность этих измерений, которая и даёт величину выдвижения рта, составляет у смирды в среднем около 30% длины головы.<sup>1</sup> Отметим попутно порядок этой величины у некоторых других рыб с сильно выдвинутой ртом: у султанки (*Mullus barbatus ponticus*) — 11—12%, у христопса (*Zeus faber*) и атерины (*Atherina hepsetus*) — около 34% и, наконец, наиболее сильно выдвинутой рот отмечен у *Epibulus (Labridae)* — до 95% длины головы [по рис. Дельсмана (Delsman, 1925)].

Аквариальные наблюдения показывают, что смирда при питании планктоном выби-



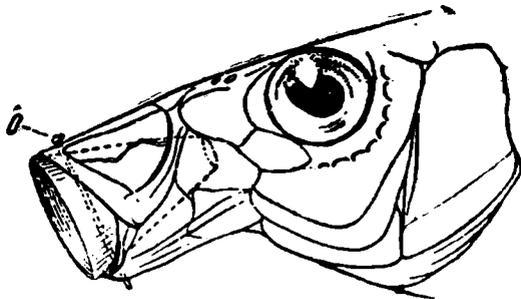
Фиг. 1. Голова смирды при невыдвинутом рте.

рает с помощью хорошо развитого зрения отдельные, преимущественно крупные организмы, схватывая их чрезвычайно частыми и быстрыми движениями своего выдвинутого рта. Ослеплённая смирда (путём полного удаления глазного яблока или глубокого прижигания его гальванокаутером) не в состоянии обнаружить присутствие планктонных организмов и съедает их лишь тогда, когда они, находясь в большой концентрации, с дыхательным током воды изредка попадают в ротовую полость, действуя на вкусовые почки нёба. Таким образом, при отсутствии зрения смирда, в противоположность карпу, практически теряет способность питаться планктоном. Сомнения, вызванные опытами Вундера с искусственным ртом у карпа (так называемое «Maulsperge»), заставили нас проделать аналогичный опыт со смирдой, которая значительно ближе стоит к планктоноядному типу рыб, чем карп. Для этого находящейся под наркозом рыбе был введён в выдвинутый рот лёгкий целлулоидный колпачок (из отмытой от светочувствя-

тельного слоя киноплёнки), точно соответствующий размеру рта, и закреплён через симфизис челюстей тонкой энтомологической булавкой (фиг. 2). Результаты оказались совершенно противоположными выводам Вундера — смирда полностью потеряла способность питаться. Оправившись после операции, она уже в тот же день стала активно гоняться за пищей (планктонные ракообразные, гаммарусы, мальки рыб, кусочки мяса), но ничего заглотить не была в состоянии, так как не могла производить хватательные движения, а засос воды при дыхании, за счёт которого питался карп, у неё слишком слаб. Таким образом выводы Вундера в отношении роли зрения и выдвинутого рта приложимы только к весьма ограниченной группе рыб (питающихся наподобие карпа способом «донных проб»), и распространение их на других (тем более планктоноядных) рыб в корне ошибочно.

Следует отметить, что тип питания смирды планктоном (нахождение объектов зрением и частые, многократные и притом явно нацеленные хватательные движения ртом) свойствен и многим другим видам — атерине, ставриде, планктоноядным сельдям и хамсе (наблюдения Л. В. Арнольди), скумбри, некоторым сигам и многим другим. Особенно велика роль зрения при питании для планктоноядной стадии большинства хищных и бентоядных рыб, для которых планктонные организмы представляются сравнительно крупной добычей. Это же замечание справедливо и по отношению к мелким видам рыб, которые охотятся за отдельными планктонными организмами, как типичные хищники (например многие *Syngnathidae*, некоторые *Gobiidae* и др.).

Совершенно иной тип питания у султанки (*Mullus barbatus ponticus*), которая, хотя и принадлежит к бентоядным рыбам, но охот-



Фиг. 2. Голова смирды при выдвинутом и искусственно закреплённом рте.

О — булавка.

но поедает и мелкие планктонные организмы, если они имеются в достаточном количестве. Зрение при этом играет подчиненную роль, в то время как роль решающего рецептора переходит к наружным органам вкуса, локализованным на двух подвижных подбородочных усиках (Андряшев, 1944). В связи с этим султанка может питаться планктоном и в темноте; ослеплённые экземпляры (так же как и с удалёнными органами обоняния)

<sup>1</sup> Такое сильное выдвижение рта происходит благодаря чрезвычайно длинному восходящему отростку праеахиллаге, длина которого у смирды достигает 54—59% длины головы; подробнее о механизме действия выдвинутого рта рыб см. Тило (Thilo, 1920).

тоже легко обнаруживают близкое присутствие планктонных организмов, быстро находят и поедают их. Рыбы же, лишённые усиков (или экземпляры, у которых вкусовые почки на усиках разрушены кислотой), теряют эту способность.

Большие успехи во всестороннем изучении питания планктоноядных рыб, особенно за последнее время в СССР, естественно должны привести к установлению основных группировок планктоноядных рыб по биологии питания, как это было сделано в интересной статье Арнольди и Фортунатовой (1937) для прибрежных черноморских рыб. Тем не менее уже сейчас можно предварительно наметить несколько групп рыб, питающихся планктоном, но отличающихся по биологии питания.

Подавляющее большинство типично планктоноядных рыб питается преимущественно в светлое время суток, используя зрение для обнаружения как скоплений планктонных организмов, так и отдельных особей или групп их, причём они не просто фильтруют через жаберный аппарат воду с её содержимым, а производят многократные нацеленные хватательные движения ртом. Характерно, что глаза у видов этой группы рыб всегда большие и зрение (не бинокулярного типа) является решающим рецептором. Ближе всего к этой группе дневных планктоноядных рыб стоят по способу питания мальки большинства рыб, а также мелкие планктоноядные виды рыб, для которых каждый планктонный организм представляет объект охоты. Представители двух последних биологических группировок, с явно выборочным питанием, во составе пищи являются планктоноядными, по способу же добывания её — хищниками. Особую биологическую группу, повидимому, представляют планктоноядные батипелагические виды, которые, как, например, светящиеся анчоусы (*Scopelidae*), в значительной степени питаются за счёт светящихся форм планктона. У некоторых видов рыб, как мы видели, существенное значение имеют наружные органы вкуса или даже вкусовая рецепция полости рта. Последнее относится к видам, потребляющим придонный планктон, микробентос и детрит (кефали), систематически пропускающая через жаберно-ротовую полость большие количества донных осадков вместе с придонными слоями воды. При таком способе питания (методом «донных проб», который, между прочим, характерен и для карпа, освещённость не играет существенной роли. Зрение в отыскании пищи у этой группы рыб имеет подчинённое значение, и выборочность в питании практически отсутствует, причём планктон, как правило, не является их основной пищей. И, наконец, существует небольшая категория рыб, к которым до некоторой степени может быть приложена и теория механической фильтрации. Это скорее всего относится к толстолобнику, некоторым планктоноядным акулам (типа *Cetorhinus* и *Rhineodon*) и другим крупным планктоноядным рыбам, питание которых планктоном происходит по типу крупных ки- тообразных. Глаза у этой группы типично

планктоноядных рыб обычно очень маленькие и не могут играть сколько-нибудь существенной роли в отыскании пищи.

А. П. Андрияшев.

## КАК БАБОЧКА ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА ОБЕСПЕЧИВАЕТ СЕБЕ ВЫХОД ИЗ КОКОНА

Если взять шёлковый кокон в руки и почувствовать всю его плотность и герметичность, то невольно возникает вопрос: каким образом бабочка тутового шелкопряда (*Bombix mori*) освобождается из своего надёжного убежища, после того как она путём таинственных превращений из куколки переходит в эту свою новую форму?

Действительно, стенки кокона весьма плотны, более или менее одинаковой толщины и более или менее прочной шёлковой нити, завитки которой склеены между собой особым белком — серицином; сама же нить может быть размотана непрерывно в длину, равную 0.5 км. Помимо прочности, кокон обладает и другими качествами, которые так надёжно охраняют куколку от всяких внешних воздействий: стенки кокона не пропитываются водой, и поэтому куколке не страшен дождь; в то же время между внутренним воздухом и внешней атмосферой может происходить газообмен.

Раздвинуть стенки кокона появившаяся бабочка ни в коем случае не может: настолько они прочны и настолько бабочка слаба. Значит, не благодаря механическим усилиям бабочка находит себе выход из кокона. Бабочка химически воздействует, если можно так выразиться, на кокон и делает себе выход.

Действительно, если захватить тот момент, когда бабочке надо выходить из своего убежища, то мы заметим, что перед этим один из полюсов кокона смачивается, размягчается, и в этом месте, постепенно орудяя своими передними лапками и головой, бабочка делает отверстие настолько широкое, чтобы выйти целиком из своего кокона. Если внимательно присмотреться в это время к бабочке, ещё находящейся в коконе, то мы заметим, как бабочка, плотно толкаясь головою в стенку внутри кокона, выпускает слюну, которая обладает удивительным свойством быстро впитываться и расклеивать завитки шёлковой нити. Одно время полагали, что слюна бабочки должна обладать сильнощелочной реакцией, чтобы растворить белок кокона. Но это не совсем так: исследования японских учёных Хонда и Ватанабе и наши собственные показали, что слюна бабочки имеет слабощелочные свойства, совершенно недостаточные сами по себе для того, чтобы растворить серицин кокона.

Исследуя смачиваемость шёлкового кокона водой и слюной, специально собранной нами от бабочек, мы обнаружили целый ряд замечательных свойств этой жидкости

тутового шелкопряда. Как мы уже сказали, оболочка кокона не смачивается водою: капля воды, нанесённая на его поверхность, долгое время — часами — остается сферической; между каплей и стенкою кокона существует как бы тончайшая прослойка воздуха; одновременно помещённая рядом капля слюны бабочки впитывается на глазах в течение нескольких минут.

Эта смачиваемость стенки кокона слюно бабочки, в сущности говоря, является только видимой стороной весьма сложного химического процесса расщепления белка — серицина. Что это ферментативный протеолитический процесс, доказываются тем, что впитывание происходит только при слабощелочной реакции  $pH = 7.73$ ; подкисление или подщелачивание слюны уничтожает её свойство проникать быстро в толщу коконной оболочки; впитывание быстрее всего идёт при  $40^\circ$  — оптимум действия всех ферментов; при  $10-12^\circ$  впитывание идёт весьма медленно; кипячёная слюна ведёт себя так же, в смысле смачивания кокона, как и вода; наконец, мы наблюдаем биуретовую реакцию на месте смачивания, что доказывает наличие продуктов переваривания белка.

Если принять во внимание: 1) с какой быстротой впитывается слюна бабочки стенкою кокона, 2) ничтожно малое количество всех плотных веществ, находящихся в капле выпускаемой бабочкой слюны, то мы должны признать удивительную силу фермента, растворяющего белок кокона.

При этом всё направлено к тому, чтобы этот ферментативный процесс прошёл наиболее совершенно. Прежде всего бабочка выпускает каплю своего фермента слюны не всю сразу: вначале показывается ничтожно маленькая капля слюны, которая медленно нарастает; бабочка плотно прижимается головою к полюсу кокона, и этим обеспечивается попадание слюны на определённое и ограниченное пространственно место. Помимо этого, специальными исследованиями мы выяснили, что внутренняя сторона кокона пропитывается быстрее, чем наружная одного и того же кокона, при всех прочих равных условиях, хотя мы не можем химически показать разницы в структуре внешней и внутренней оболочек кокона.

Теперь посмотрим на этот процесс с общепологической точки зрения. В слюне человека содержится фермент пталин, расщепляющий крахмал; всем хорошо известно, каким сладким становится хлеб, если его длительно жевать. Но в слюне нет ферментов, действующих на белок и жиры, да они и не нужны: продукты переваривания белков и особенно жиров — жирные кислоты, не вкусны; слюна собаки не имеет амилазы, расщепляющей крахмал, но ведь это хищник, питающийся мясом, а в мясе имеется уже продукт расщепления сложных углеводов — глюкоза. Имеются ли ферменты, расщепляющие белки в слюне других животных, нам не известно (может быть, в мире низших и имеются), но слюна бабочки тутового шелкопряда его имеет, причём этот фермент нужен

бабочке только для определённой цели — размягчить оболочку кокона, но не для целей пищеварения, так как сама бабочка не воспринимает пищи: вся её жизнь, длящаяся всего несколько дней, сводится только к тому, чтобы отложить грену и продлить тем самым жизнь вида.

Узбекский н.-иссл. инст.  
шёлковой промышленности.

Проф. Д. А. Цуверкалов.

## О МАССОВОМ РАЗМНОЖЕНИИ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

В ряде местностей степной части Саратовской области в 1942 г. наблюдалось значительное увеличение количества мышевидных грызунов, причём нарастание их численности началось ещё с 1941 г. Особенно многочисленными были серая полёвка *Microtus arvalis* Pall. и домовая мышь *Mus musculus* L.

Серая полёвка в осенне-летнее время 1942 г. констатирована в большом количестве в скирдах хлеба: пшеницы, ржи и гороха, стоявших необмолоченными с предыдущего 1941 г. На одном метре боковой поверхности скирд насчитывалось до 30 и более округлых ходов грызунов. Ходы имелись как вгнizu скирд, так и по всей их поверхности до вершин, вплоть до высоты 3—4 м.

При разборке скирд в июне живые полёвки и их трупы встречались на всём протяжении раскопок, причём преобладания грызунов у основания скирд и у земли не отмечалось (Широко-Карамышский район).

Обилие серой полёвки в осенний период выражалось в следующем: в стогах соломы у домов наблюдалось до 10 полёвок на 1 кв. м боковой поверхности. Отмечалось в октябре с наступлением похолодания скопление их, а также и домовых мыши с полей, около жилых домов (Казачкинский район).

По дорогам и около них при быстром проезде на лошадях на одном километре наблюдалось до 30 экземпляров полёвок, бегающих по снегу.

Домовой мыши осенью в ноябре на поверхности пола в амбаре насчитывалось до 55 экземпляров при глазомерном подсчёте на 1 кв. м. В жилых домах селений поражал тяжёлый, удушливый мышинный запах. Сильно повреждались продукты питания, носильные вещи и другие предметы. За одну ночь в сельских избах вылавливали до 300 и более мышей ведрами-самоловками.

Процент заражённых мышевидными грызунами площадей посевов в различных районах Саратовской области к осени, в сравнении с бесенними данными, возрос с 68 до 81, плотность заражения — с 53 до 9200 жилых нор в среднем на 1 га (облзо).

Особенно высокой численностью мышевидных грызунов в Правобережье отличаются районы, граничащие со Сталинградской областью: Свердловский, Красавский, Родничковский, Самойловский. Количество грызунов достигло здесь катастрофически цифр.

В Левобережье на общем фоне незначительного распространения мышевидных наблюдаются отдельные районы с значительными плотностями. Такими являются на юге Заволжья районы: Приволжский, Комсомольский, Кр.-Кутский, Питерский, Новоузенский, Александров-Гайский, Ершовский, Озинский.

В районах массового размножения грызунов количество их к осени 1942 г. достигло огромных размеров и носило характер истинные «мышинной напасти». Нет места, где бы грызунов не было. Они уничтожают посевы и зерно на полях и в амбарах, заполняют и загрязняют водоисточники, хлеб, продукты, вещи на складах и в жилых помещениях, корм на животноводческих фермах, овощи на огородах, плодовые деревья в садах, документы и денежные знаки в учреждениях. Были случаи порчи самолётов в воздухе, так как грызуны объедали изоляционную обмотку проводов. В бытовых условиях мышевидные не дают спокойно жить и работать, так как уже не боятся присутствия человека и встречаются всюду — в обуви, в одежде, на постели, бегают по столам, по полу во время работы и пр.

Следует отметить, что серая крыса *Rattus norvegicus* встречалась местами также в значительном количестве. Во многих пунктах сельской местности крыса отмечена не только в животноводческих фермах, где она поедает и портит продукты, беспокоит и нападает на молодняк (особенно поросят), но и в жилых домах. В городах и посёлках усилились жалобы на её вредоносность. На ряду с этим, ряд обследованных селений совсем не имел этого грызуна.

О наличии эпизоотии свидетельствовали также трупы грызунов, в особенности полёвки, домовый мышь и степной пеструшки, обнаруженные при разборе скирд, при осмотрах кладовых, жилых домов и на территории заражённой местности. Например при разборке части скирды пшеницы 2 июня в одном пункте взято 17 экземпляров живых полёвок и 57 их трупов; в другом месте 17 ноября в кладовой на 1 кв. м поверхности пола — 40 домовых мышей и 15 их трупов.

Гибель грызунов с весны 1942 г. отмечалась в ряде районов. Явления эти носили массовый характер и наблюдались во многих пунктах Правобережья.

В зимние месяцы 1942/1943 г. отмечено значительное, снижение численности мышевидных грызунов, вследствие их гибели в районах их наибольшего распространения. А районы, где в 1941 г. наблюдалась эпизо-

отия, оказались в значительной степени свободными от грызунов.

В ряде пунктов различных районов констатирована значительная гибель кошек, которые поедали мышей и полёвок.

Обилие грызунов и причиняемый ими вред побудили население применить решительные меры борьбы. Население широко применяло ведра-самоловки, деревянные самодельные давилки и прочие орудия лова. Ведра-самоловки устраивались следующим образом: между ушками обыкновенного конского ведра протягивалась проволока, на средину которой надевался деревянное небольшое колесо (часто от прядки), свободно вращающееся. Колесо смазывалось каким-нибудь жиром. На край ведра подвешивалась тряпка или ставилась дощечка. В ведро на одну треть наливалась вода. Мыши забиралась на верх ведра, привлекаемые запахом жира, старались попасть к колесу и, благодаря его вращению падали в воду и гибли.

Останавливаясь на причинах массового размножения грызунов, которое наблюдалось нами в 1942 г., надо отметить следующие природные и хозяйственные факторы. Осень 1941 г. стояла в Саратовской области продолжительная—тёплая, ровная. Зима 1941/1942 г.—снежная, снеговой покров выше обычного. Температуры зимы, особенно в январе—марте, ниже многолетних средних. Поздняя весна 1942 г. и начало лета были холодные и дождливые. Осадки, относительная влажность воздуха весны и лета были по области выше многолетних средних, а средние температуры воздуха — ниже.

Следует также иметь в виду, что несвоевременная уборка обильного урожая 1941 г., задержка с обмолотом хлеба, оставленного на продолжительный срок в полях, пожнивные остатки, сокращение зяблевой вспашки, — всё это влияло положительно на увеличение их численности. И это могло быть решающим для массового размножения грызунов в 1942 г.

Численность мелких мышевидных грызунов в 1943 г. и в первой половине 1944 г. в Саратовской области была значительно меньшей, чем в 1942 г., и не носила массового характера. Это можно объяснить как прошедшей среди грызунов эпизоотией, так и другими неблагоприятными для них факторами. Значительную роль в снижении их численности, вероятно, сыграли и организационно-оперативные мероприятия, широко проведенные в 1942—1943 гг.

Н. О. Оленев.

# ИСТОРИЯ и ФИЛОСОФИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

## УЧЕНИЕ МЕЧНИКОВА О ДИСГАРМОНИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

(К 100-летию со дня рождения)

Проф. Н. В. ЕРМАКОВ

Две черты особенно характеризуют блестящую научную деятельность Ильи Ильича Мечникова: нераздельная связь этой деятельности с его личной и общественной жизнью, во-первых, и логическая спаянность в единое целое многогранной тематики его исследований, во-вторых. К этому следует добавить, что во всех своих работах Мечников выступает убеждённым и страстным материалистом, для которого эволюционное учение Дарвина было основным и единственным руководством при решении любой биологической проблемы, привлекавшей его внимание. Только в свете этих утверждений и можно оценивать столь различные, на первый взгляд, отдельные этапы его научного творчества в разнородных областях естествознания, в каждой из которых он сказал своё оригинальное слово.

Принято считать, что одни учёные проявляют себя наиболее ярко в способности к глубокому анализу изучаемых ими явлений, тогда как талант других сказывается с наибольшей полнотой в искусстве построения широких теоретических обобщений. Творческая личность Мечникова не укладывается в эту схему, — он одновременно и выдающийся мастер научного анализа, сопровождаемого всегда остроумным экспериментом, и гениальный создатель многих строго научных теорий, не только обобщающих свой и чужой опыт прошлого, но и определяющих ход дальнейшего развития соответствующей отрасли

знания. Такова основательно доказанная им сравнительно-эмбриологическими фактами и вскоре подтверждённая другими исследователями теория происхождения полости тела животных из первичной пищеварительной полости низших многоклеточных существ. Такова его теория паренхимеллы, как родоначальной формы всех многоклеточных организмов, ещё не обладающей пищеварительной полостью и потому ещё более примитивной, чем гипотетическая геккелевская гастрей, уже снабжённая такой полостью. Эта теория возникла на основе специальных исследований способности многоклеточных организмов к внутриклеточному пищеварению и в конечном итоге повлекла за собой создание фагоцитарной теории борьбы организма с инфекционными заболеваниями, являющейся для естествознания и медицины самым драгоценным наследием мечниковской синтетической мысли. Патофизиологическая теория фагоцитарной борьбы организма с заразным началом включает в себя, как более частную, фагоцитарную теорию воспаления, и сама, в свою очередь, является лишь частным выражением значительно более общей теории — физиологической теории фагоцитарной способности мезенхимы, играющей весьма важную роль в физиологии нормальных организмов.

Человек и его благо на земле, совместимое с благом других людей, составляют альфу и омегу научных исканий Мечникова. Циничный политический и социально-бытовой уклад

жизни дореволюционной России, в конце концов принудивший его покинуть родную страну, можно думать, вызвал у наделённого весьма чувствительной нервной организацией молодого Мечникова первые представления о том, что в окружающем человеке мире что-то неладно и что мир этот довольно далёк от того гармонического совершенства, которое ему приписывают многие умы. Работу мысли в этом направлении подталкивали и горестные моменты его служебной и семейной жизни (тяжёлая болезнь и смерть его первой жены), сильно изменившие жизнерадостное и бодрое состояние духа, характерное для начального периода его научной деятельности, и приведшие его к мысли о самоуничтожении. К великому счастью для мировой науки эта мысль не была осуществлена, но мирозерцание его остается ещё надолго глубоко пессимистичным. «Казалось, в самом деле, что жизнь, уяснённая сознанием, есть бессмыслица, тянущаяся на основании какой-то животной наследственности, без руководящего начала», пишет через 30 с лишним лет об этом периоде своей жизни сам Мечников.<sup>1</sup>

Временно лишённый из-за болезни глаз, усугублявшей его пессимизм, возможности продолжать свои исследования по истории развития беспозвоночных животных, Мечников в 70-х годах прошлого столетия приступил к разработке некоторых антропологических вопросов и в связи с исследованием детского возраста остановил свое внимание на сложной проблеме воспитания детей, сделав попытку осветить её с точки зрения эволюциониста-антрополога. В очерке на эту тему «Воспитание с антропологической точки зрения», опубликованном в 1871 г.,<sup>2</sup> он впервые, по его собственным словам, высказывает соображение о «несоразмерностях» человеческой природы как источнике для человека больших бедствий.

В дальнейших своих работах эти несооразмерности он называет более выразительно — дисгармониями. Дисгармония природы человека начинает сказываться с момента появления его на свет и заключается она в том, что «воспитательное развитие человека продолжается дольше соответствующего периода у других животных и что новорожденный ребёнок сравнительно более разнится от взрослого человека, чем крайние возрасты у других высших животных». Как следствие этого создается разлад между ранним появлением у ребёнка чувствительности, настоятельно требующей своего удовлетворения, и поздним развитием ума и воли, ставящих разумные преграды этим требованиям. Исходя из материалистического убеждения, что вся так называемая духовная деятельность человека, характер его поведения и его нравственные идеалы коренятся в его физической сущности и что поэтому решить вечные и «проклятые» вопросы человеческого бытия можно только путём возможно более полного познания биологической природы самого человеческого организма, Мечников для научного решения вопроса о воспитании обращается к рассмотрению наиболее резких дисгармоний в развитии физической личности ребёнка. Наиболее убедительной в этом отношении кажется ему дисгармония в истории развития половой системы. Он подчёркивает широко известный факт об очень раннем развитии у ребёнка, в связи с высокой общей кожной чувствительностью, особой формы осязания, доставляющей половое ощущение. Нервно-чувствительная часть полового аппарата начинает функционировать ещё до окончательного формирования всей сложной половой системы в целом. Наличие ясно выраженного полового чувства при полном отсутствии возможности его разрешения нормальным путём ведёт в очень большом числе случаев к вредному злоупотреблению этим чувством путём самоудовлетворения. Но развитие половой зрелости, в свою очередь, происходит слишком преждевременно по отношению к общему полному развитию организма, что

<sup>1</sup> Предисловие к первому изданию «Этюдов о природе человека».

<sup>2</sup> Этот очерк, напечатанный впервые в «Вестнике Европы» за 1871 г., имеется также в сборнике «Сорок лет искания рационального мирозерцания».

также имеет ряд дурных последствий, так как длительное половое воздержание приводит к развитию нервных болезней, а раннее вступление в брак, т. е. до наступления общей физической зрелости, вызывает сравнительно более высокую смертность в этом переходном возрасте, как это следует из анализа статистических данных.

Во втором антропологическом очерке «О возрасте вступления в брак», напечатанном через год после первого (1872),<sup>1</sup> Мечниковым развиваются в общем те же мысли, но устанавливается, кроме уже отмеченных дисгармоний в истории развития половой сферы у человека, ещё один, следующий за ними, дисгармонический этап — расхождение во времени общей физической зрелости организма, готового к вступлению в брачные отношения, со временем фактического вступления в брак, диктуемым уровнем культуры, степенью цивилизации данной народности или данного слоя общества в соответствующую эпоху. С ростом цивилизации промежуток между наступлением половой зрелости и общей физической зрелости и между этой последней и брачной зрелостью все более и более раздвигаются, т. е. дисгармония в развитии всё более углубляется.

Общий тон обеих статей резко пессимистичен, что признаёт в значительно более зрелом возрасте и сам автор их, считая эти очерки своего рода «грехом молодости», данью юношескому пессимизму. Характерное их отличие от позднейших произведений по основным вопросам индивидуального человеческого бытия состоит в том, что в них мрачно настроенным автором лишь констатируются, и вполне правильно; печальные факты, говорящие об отсутствии гармонического совершенства в человеческом организме в период развития его личности. Дается лишь надежда на то, что «дальнейшая научная разработка истории воспитательного развития человека и других животных даст нам полный ответ на глав-

нейшие вопросы науки о воспитании», но никаких возможностей выхода при современном автору состоянии знаний не предсказывается и не предвидится. Нет сомнений в том, что под научной разработкой вопроса о воспитании Мечников понимает исключительно биологическую его разработку. Это стремление полностью свести всю сложную проблему воспитания новых членов человеческого общества, в которой социальные элементы превалируют над биологическими, только к изучению биологической стороны вопроса может быть объяснено выдающимися успехами естествознания во второй половине XIX века, под влиянием которых складывалась личность молодого учёного. Биологизация явлений социального порядка приводит Мечникова, в особенности во втором его очерке, к ряду ошибочных мыслей и неверных заключений в области антропологии, которые опрокинуты железной логикой исторического материализма и критический анализ которых не входит в задачу настоящей статьи, так как они не имеют прямого отношения к биологической теории дисгармонии человеческого организма.

Через 5 лет (1877) Мечников снова выступает в печати со статьёй «Очерк воззрения на человеческую природу»,<sup>1</sup> в которой, как он говорит сам уже в последнем периоде своей жизни,<sup>2</sup> дается почувствовать, что эта природа устроена настолько скверно, что в сущности жить не стоит. Проследивши развитие взглядов на человеческую природу в различные исторические эпохи, Мечников устанавливает, что эти взгляды, несмотря на их многообразные вариации, можно отнести к одному из двух противоположных мировоззрений. Согласно одному из них, природа человека является образцом гармонического совершенства, перед которым остаётся лишь поклоняться. Соглас-

<sup>1</sup> Впервые напечатанный в 1877 г. в «Вестнике Европы» этот очерк был помещен позже в сборнике «Сорок лет искания рационального мировоззрения».

<sup>2</sup> Во вступлении к сборнику «Сорок лет искания рационального мировоззрения», написанном в 1912 г.

<sup>1</sup> Впервые напечатанный в 1872 г. в «Вестнике Европы», этот очерк помещен затем в сборнике «Сорок лет искания рационального мировоззрения».

но другому — физическая природа наша имеет низменный, несовершенный, характер, что побуждает подавлять её или изменять сообразно с тем или иным идеалом, который менялся в зависимости от эпохи и народа. Вопрос, какой же из этих философских взглядов соответствует истине, Мечников разрешает в пользу второго из них, но выражает надежду, что прикладное знание найдет способы использовать достижения науки для установления большей гармонии. Как новое доказательство органического разлада в человеческой природе, Мечников приводит пример дисгармонии, на которую указывали ещё Иоганн Мюллер и позже Гельмгольд, а именно, целый ряд крупных недочётов в оптических свойствах глаза, который так привыкли оценивать как совершеннейший из наших органов. Как иллюстрацию органических противоречий приводит Мечников и тот факт, что зубы и, особенно, клыки, период развития которых составляет один из смертельно опасных критических этапов в жизни ребенка, по сути дела являются для человека всего менее необходимыми, так как могут быть заменены и соответственным приготовлением пищи и искусственными зубами. Конечно, подобную оценку этого случая дисгармонии нельзя считать убедительной, да и сам Мечников позже говорит об этой дисгармонии в несколько ином тоне.

Говоря о дисгармониях у человека, Мечников во всех своих статьях подчёркивает, что они являются доказательством животного происхождения человека. В результате очень длительного и притом одностороннего филогенетического процесса человек унаследовал множество органов, или вполне утративших свое значение или находящихся на пути к этому. Особенно подробно он останавливается на этом вопросе в связи с критикой философских взглядов Льва Толстого в статье «Закон жизни», относящейся к 1891 г.<sup>1</sup> Наличие

у взрослого человека множества рудиментарных органов является для Мечникова весьма убедительным доказательством несовершенства человеческого существа. Он ссылается при этом на данные крупного специалиста по сравнительной анатомии — Видерсгейма, согласно которым у человека на девять органов с прогрессивным развитием приходится двенадцать, клонящихся к упадку, хотя и способных ещё к некоторой функции, и целых семьдесят восемь рудиментарных, совсем или почти совсем недействительных. В более позднем издании своей книги по этому вопросу<sup>1</sup> Видерсгейм насчитывает уже не менее 107 рудиментарных органов. Следует здесь же отметить, что, несмотря на общий оптимистический тон статьи, Мечников всё же ещё явно сгущает дисгармонические краски, так как среди перечисленных им рудиментарных органов человека большое множество их, как, например, ушные и затылочные мышцы, лишние рёбра, остатки хвоста и пр., не вносят особого разлада в его организм и не являются источником каких-либо серьёзных нарушений его жизненного благополучия.

В двух французских этюдах о старости<sup>2</sup> и в русской статье «Современное состояние вопроса о старческой атрофии»<sup>3</sup> Мечников впервые обращается к анализу самой поразительной дисгармонии человеческой жизни, которую представляет собой отсутствие инстинкта старости и естественной смерти, как её желанного завершения. «После дневного труда инстинктивно ощущается потребность отдыха и сна. Было бы столь же естественно, если бы после взрослого возраста мы испытывали инстинктивное желание состариться, а после более или менее продолжительной старости мы бы спокойно ждали естественной смерти. В действительности же мы видим прямо противоположное этому. Только в исключитель-

<sup>1</sup> Эта статья была напечатана в «Вестнике Европы» и затем снова помещена в сборнике «Сорок лет искания рационального мировоззрения».

<sup>1</sup> Der Bau des Menschen. Изд. 3-е, 1902.

<sup>2</sup> Etudes biologiques sur la vieillesse. Ann. de l' Ins. Past., 1898 et 1901.

<sup>3</sup> Сборник «Сорок лет искания рационального мировоззрения».

ных случаях люди стремятся умереть, и никто в мире не желает состариться». Ко времени напечатания указанных работ по вопросу о старости Мечников уже разработал основы своей фагоцитарной теории и убедился в широком распространении и огромном значении явлений фагоцитоза в нормальной и патологической физиологии любого животного организма, включительно до человека. Рассмотрение сущности различных случаев патологических и физиологических атрофий у разнообразных представителей животного мира приводит его к заключению, что сущность эта состоит в непрерывной борьбе между определённым сортом фагоцитов — так называемыми макрофагами, являющимися нападающей стороной, и остальными клетками организма, охраняющими себя от нападения, вероятно, путём выделения вокруг себя каких-то защитных веществ. Таким образом борьба за своё существование, выдвинутая Дарвином как основной фактор эволюции организмов, Мечниковым переносится в глубь самого организма. Таков же, по Мечникову, и механизм атрофий различных тканей, органов и систем при старении человека и других высших организмов. В результате победоносной борьбы макрофагов, являющихся активными элементами соединительной ткани, с потерявшими способность к самозащите нервными, мышечными, печеночными, почечными и другими специфическими тканями, происходит атрофия этих, называемых им благородными, тканей и замещение их гипертрофированной соединительной тканью, причем процесс этот прогрессирует с возрастом. Мечников не ограничивается теперь, как в более ранних своих исследованиях дисгармоний, лишь констатацией самого факта и выяснением его механизма, но и намечает с оптимистической уверенностью возможные пути исправления неудовлетворительной для нас стороны дела. План защиты организма от преждевременного старения сводится им по сути к изысканию способов и средств для усиления благородных тканей в их способности к самозащите от агрессивных соеди-

нотканнных элементов или, наоборот, ослабления фагоцитарной функции последних. Как на возможные средства Мечников возлагает надежду на применение больших доз специфической цитотоксической для макрофагов сыворотки с целью ослабления жизнедеятельности последних и на применение малых, стимулирующих, доз соответствующих специфических цитотоксических сывороток для усиления функций благородных тканей. Если бы удалось таким образом остановить или отдалить проявление старческих атрофий, можно было бы, как думает Мечников, благодаря предотвращению преждевременного старения, которое является в настоящее время почти не знающим исключения правилом, добиться уничтожения страха смерти и возможности развития у человека инстинкта естественной смерти.

Значение активных элементов соединительной ткани в настоящее время трактуется акад. Богомольцем в совершенно ином свете. Объединяя их в физиологическую систему соединительной ткани, он рассматривает эту последнюю не как принципиального противника всех остальных тканей, но как «корень жизни», по его собственному выражению. Будучи наделённой рядом важнейших физиологических функций — трофической, защитной и пластической, эта система своей нормальной жизнедеятельностью определяет благополучие всего организма. Поэтому в случае нарушения её нормальных отправлений требуется не подавление её функций, но, напротив, подъём их для возврата организма к норме. С этой целью акад. Богомольцем предложено и нашло себе широкое применение воздействие на физиологическую систему соединительной ткани, в случае её угнетения, малыми дозами антиретиккулярной цитотоксической сыворотки, действующими на неё и через неё на весь организм, в противоположность большим дозам той же сыворотки, стимулирующим образом. Стимуляцию этой системы в периоде старения организма акад. Богомольцем рассматривает как возможное средство для продления полноценной жизни человека до нор-

мального её предела, примерно, в 120—150 лет.

Возвращаясь к истории развития мечниковского учения о дисгармониях у человека, следует упомянуть о его статье «Флора нашего тела»,<sup>1</sup> представляющей собой содержание лекции, прочитанной им в Манчестерском литературно-философском обществе в 1901 г. по поводу присуждения ему медали Уайльда. В этой статье Мечников останавливается на анализе новых примеров дисгармоний, связанных с пребыванием в нашем организме огромных количеств микробов, относящихся ко многим десяткам различных видов. Таковую дисгармонию в организм человека вносит, например, существование волосков на коже, каналцы лукович которых служат местопребыванием микробов, в том числе и патогенных, которые при благоприятных для них условиях, т. е. в случае ослабления самозащитных свойств находящихся здесь клеток, вызывают развитие прыщей, фурункулов и других более или менее серьезных кожных и общих заболеваний. Сами по себе кожные волосы, являясь рудиментом шёрстного покрова животных предков человека, не только вполне излишни для него, но, следовательно, и вредны. Особенно много нежелательных частей имеется в составе пищеварительного аппарата человека, наиболее обильно заселённого микробами и потому носящего в себе постоянную угрозу для здоровья и жизни. Такова слепая кишка и, особенно, её аппендикс; таков весь отдел толстых кишёк и даже желудок, в отсутствии которых жизнь человека может с успехом продолжаться. Наиболее серьёзную дисгармонию представляют собой толстые кишки, микробное население которых является источником постоянной интоксикации организма кишечными ядами, влекущей за собой ослабление блуждающих тканей, развитие взамен её соединительной ткани и тем самым наступление преждевременной старости. Наличие толстых кишёк у раз-

личных классов млекопитающих является весьма полезным для них фактором в их борьбе за существование, так как избавляет их от необходимости частых остановок во время бегства от врагов или охоты за добычей для опорожнения кишечника, хотя и обуславливает, вероятно, их сравнительно малую длительность жизни, но оно с этой точки зрения не имеет значения для человека. На вопрос, почему естественный отбор не устранил эти, как и многие другие, дисгармонии человеческой природы, ответ состоит в том, что в отношении человека естественный отбор не сказал ещё своего последнего слова, что организм человека ещё не достиг поэтому гармонического равновесия всех своих частей. Вследствие этого он должен искусственными мерами восстановить гармонию между своими инстинктами и свойствами организма, ибо он не может дожидаться благодетельных результатов естественного отбора, подобно улите, которая едет, но неизвестно, когда и куда придёт. Толстые кишки с их бактериальным населением представляют, по Мечникову, главную причину кратковременности человеческой жизни. Статья заканчивается выражением надежды, что наука XX столетия ликвидировала эту скверную дисгармонию.

Против мечниковской теории старения выступил в своё время с возражениями американский биолог Чарльз Седжвик Майнот, который считает, что микробные процессы гнилостного брожения в толстых кишках нельзя считать основной причиной старения организма, так как они отсутствуют у большинства животных и у всех растений, также подвергающихся процессу старения. Мечников справедливо указывает в ответ на это, что он в своей интоксикационной теории старости у человека имеет в виду явление преждевременного, а не физиологического, нормального, старения.

В 1903 г. Мечников выпускает в свет большую монографию «Этюды о человеческой природе», в которой он даёт в эволюционном аспекте подробную систематизированную сводку

<sup>1</sup> Позже эта статья была помещена в сборнике «Сорок лет искания рационального мировоззрения».

всех вопросов, связанных с его учением о дисгармониях, и о возможных мероприятиях для их устранения или ослабления. Дисгармонии в организованной природе вообще, по убеждению Мечникова, значительно превалируют над гармоническими приспособлениями. «Стоит принять в соображение то обстоятельство, что организация всех животных приводит к нарушению жизни растений и других животных, служащих им пищей, и станет понятным, до какой степени редко осуществлена на земле нормальная цель жизни, т. е. достижение полного жизненного цикла», пишет он в этой книге. Несмотря на это, общий тон как этого сочинения, так и выпущенных им несколько позже «Этюд об оптимизме» (1907) и очерка «Мирозерцание и медицина» (1909)<sup>1</sup> в высшей степени оптимистичен, — во второй половине жизни он произвёл полную переоценку ценностей. Правда, он значительно расширяет круг дисгармонических явлений в организации человека. Так, среди дисгармоний, связанных с полом, он указывает на наличие у каждого из полов многих рудиментарных признаков противоположного пола, на полную физиологическую бесполезность девственной плевы, на сравнительно высокую смертность женщины или плода во время и после родов и на родовые боли и пр. Болевая функция, как правильно отмечает Мечников, организована у человека вообще довольно дурно, так как, с одной стороны, не очень серьёзные нарушения и заболевания могут причинить нестерпимую боль, а с другой — весьма опасные и даже смертельные болезни могут развиваться, долго не вызывая никаких болевых ощущений. В указанных книгах Мечников очень подробно анализирует также те органические противоречия в природе человека, которые связаны с его инстинктами. Если у животных выбор пищи, как правило, диктуется целесообразно направленным инстинктом, находящимся в полной гармонии с инстинктом самосохранения, у человека весьма часто

наблюдаются извращения этого полезного инстинкта, особенно у детей, которые тащат в рот буквально всё, что попало. Извращение инстинкта проявляется и у взрослого человека в форме злоупотребления алкоголем и другими отравляющими его наркотиками. Нерелки извращения и полового инстинкта, о чем частично говорилось уже раньше. Особенно резко дисгармония в этом отношении проявляется в старческом возрасте, когда сохранение этого инстинкта вступает в противоречие с физической невозможностью его удовлетворения. Отдельные главы в обеих книгах посвящены дисгармониям в проявлениях семейного и общественного инстинктов у человека, но здесь великий биолог, переступая границу своей компетенции, переходит в область социологических и философских проблем, при обсуждении которых он впадает в явное заблуждение, о чём говорилось уже по поводу его ранних антропологических изысканий. Критику этой части учения Мечникова о дисгармониях человеческой природы можно найти в статье Лунжевича «Апостол рационального мировоззрения».<sup>1</sup>

Изложение теории дисгармоний, присущих человеческому организму в том его виде, как он создан природой, Мечниковым заканчивается очень подробным анализом инстинкта самосохранения, или инстинкта жизни, вступающего в самое серьёзное противоречие с сознанием неизбежности конца индивидуального существования. «Ни одно животное не ощущает мировой скорби», по образному выражению Макса Нордау, лишь один человек за обладание разумом расплачивается дорогой ценой страха смерти. Легко понять поэтому, почему человечество во все времена его существования на земле стремилось преодолеть эту дисгармонию. Так как наука не могла оказать ему помощь в этом отношении, оно создавало себе религиозные и quasi-философские иллюзии, усыплявшие страх смерти или верой в бессмертие если не тела, то души, или надеждой на посмертное слияние индивидуального созна-

<sup>1</sup> Сборник «Сорок лет искания рационального мировоззрения».

<sup>1</sup> Русское Богатство, №№ 4—5 и 6—7, 1917.

ния с космическим, или просто призывом к смирению перед неизбежным. Те, кого не удовлетворяли эти иллюзии, впадали в глубочайший пессимизм, приводивший их к отрицанию жизни и, нередко, к самоуничтожению. Уже говорилось выше, что в таком состоянии находился в молодые годы и сам Мечников, проделавший позже, как и многие другие пессимисты, эволюцию в столь же убеждённого оптимиста. Во второй половине своей жизни он приходит к убеждению, что, несмотря на нецелесообразное устройство человеческого организма, всё же вполне возможно счастливое существование, так — как трудно допустить, чтобы наука не справилась с задачей устранения дисгармоний в его природе, как она уже справилась с задачей излечения человека от множества болезней, считавшихся до того неизлечимыми. Болезнью считает Мечников, как об этом уже говорилось, и преждевременную старость, которая ведёт к укорочению человеческой жизни и борьба с которой составляет поэтому естественную задачу медицины. Попытки изыскать средства против старости и тем удлинить период человеческой жизни были, конечно, и до Мечникова, но великая заслуга Мечникова состоит в том, что он под этот вопрос, пожалуй, первый подвёл объективно-научный фундамент для построения науки о старости или, как он её называет, геронтологии. Предложенные им интоксикационная теория старости и фагоцитарная теория старческих изменений представляют собой смелую и обоснованную попытку научно осветить пока ещё тёмные стороны этиологии и патогенеза старости.

Продление человеческой жизни до её возможного предела ставится Мечниковым не как самоцель, но как средство для нормального завершения полного жизненного цикла. Он при этом рассуждает следующим образом. Инстинкт жизни, как и все прочие свойства человека, подвергается в течение его индивидуальной жизни определённой эволюции. Изменяется с возрастом и характер оценки его сознанием жизненных впечат-

лений. В молодости инстинкт жизни ещё не очень сильно выражен, а запросы к жизни весьма высоки. С увеличением возраста инстинкт жизни все более усиливается и достигает к старости своего апогея; одновременно положительная сторона существования берёт в сознании всё больший перевес над отрицательными сторонами жизни. Можно думать, что при достижении человеком нормального предела жизни, т. е. при устранении преждевременной старости, инстинкт жизни должен испытывать обратное развитие, уступая место новому инстинкту, гармонизирующему с этим периодом, — инстинкту естественной смерти. В подтверждение своей мысли Мечников приводит несколько вполне достоверных случаев развития такого инстинкта у людей, достигших преклонного возраста. Следует думать, что инстинкт естественной смерти может развиваться у различных людей в различном возрасте и что с прогрессом науки будет возрастать число людей, доживающих до этого возраста. Мечников предполагает даже, что естественная смерть должна сопровождаться приятным ощущением... Незадолго до своей смерти Мечников приступил к экспериментальному изучению явления естественной смерти в мире животных, но успел выполнить лишь одну работу в этом направлении — на бабочках тутового шелкопряда.<sup>1</sup> В этой работе Мечников приходит к заключению, что естественная смерть бабочек тутового шелкопряда обуславливается самоотравлением организма продуктами жизнедеятельности его клеток. Это заключение вполне согласуется с ранее выдвинутой им интоксикационной теорией смерти, которая зародилась под влиянием успехов в области изучения бактериальных токсинов.

Вскоре же после появления первых работ Мечникова, затрагивающих вопрос о дисгармониях человеческого организма, Бекетов (1876)<sup>2</sup> выступил со статьёй, в которой он отрицает са-

<sup>1</sup> *Annal. de l'Inst. Pasteur*, № 10, 1915; *Вестн. Обществ. ветеринарии*, 1916.

<sup>2</sup> А. Бекетов. Можно ли признавать дисгармонии в природе? *Природа*, 1, 1876.

мую возможность существования каких-либо дисгармонических явлений в природе. Забравшись на высоты «чистой положительной науки», равнодушной к практике жизни и интересам человека, Бекетов объявил войну выдуманному им самим неприятелю. Всё недоразумение сводится к тому, что гармонию он понимает совершенно не так, как Мечников. Гармония, по Бекетову, есть не что иное, как согласие явлений с законами, управляющими веществом, и отсюда следует вывод, что дисгармония, как своего рода «беззаконие», существовать в природе не может и является лишь выражением присущего человеческому суждению антропоморфизма. Бекетовская гармония, как это следует из его статьи, есть просто-напросто универсальный закон причинности, действующий в конкретных условиях пространства и времени, тогда как гармония в общепринятом значении этого слова есть соотношение частей в некоем целом, обеспечивающее сохранность этого целого. Дисгармония с этой точки зрения является или неправильным с самого начала соотношением частей в целом, или нарушением прежде существовавшего гармонического соотношения этих частей. И в том и в другом случае имеется угроза для существования целого, состоящего из данных частей. И если дисгармонии в бекетовском смысле, т. е. как исключение из закона причинности, в природе действительно существовать не могут, то дисгармонии в мечниковском их понимании не только вполне законно существуют, но и являются неизменным

движущим фактором эволюции природы, в полном согласии с диалектическим законом борьбы противоположностей. Следует отметить, что сам Мечников о статье Бекетова упоминает лишь вскользь, видимо, считая излишним серьёзно на ней останавливаться.

Биологический анализ дисгармоний человеческой природы увенчивается Мечниковым теорией ортобиоза, т. е. «правильной жизни, основанной на изучении человеческой природы и на установлении средств к исправлению её дисгармоний». Согласно этой теории идеал человеческой природы состоит «в развитии человека с целью достичь долгой, деятельной и бодрой старости, приводящей, в конечном периоде, к развитию чувства насыщения жизнью и к желанию смерти». Теория ортобиоза является страстной проповедью о ценности нормальной жизни и настойчивым призывом делать всё, что может способствовать её продлению. Лозунг Мечникова о борьбе с преждевременной старостью, как с основным злом, препятствующим завершению человеком полного нормального цикла его жизни, воспринят советской наукой. В 1938 г. в Киеве происходила первая научная, по существу всесоюзная, конференция по изучению старости, созданная по инициативе акад. Богомольца. Советская медицина и советское законодательство стоят на страже человеческой жизни, проявляя заботу о ней ещё до момента появления на свет нового человека. Великим вождём нашей страны человек провозглашен наивысшей ценностью жизни.

# ЮБИЛЕИ и ДАТЫ

## 80-летие ПРОФЕССОРА М. Д. РУЗСКОГО

19 сентября 1944 г. исполнилось 80 лет со дня рождения заслуженного деятеля науки, доктора биологических наук, профессора Михаила Дмитриевича Рузского. В 1944 г. истекли также 60 лет его научной деятельности и в том числе 31 год заведывания кафедрой зоологии беспозвоночных животных в Томском университете.

М. Д. родился в 1864 г. в с. Осьмине Гдовского уезда Петербургской губернии. Школьные годы М. Д. прошли в Симбирске (ныне Ульяновск).

Семья Рузских была знакома с Ульяновыми. Товарищем М. Д. по симбирской гимназии был шедший классом впереди Александр Ильич Ульянов—старший брат гениального вождя пролетарской революции В. И. Ленина. «Мы все втроем часто ходили в лес Киндяковку (около Симбирска), ещё чаще ездили на лодке по реке Свияге ловить рыбу», — говорит М. Д., вспоминая детские годы.

Будучи гимназистами, товарищи увлекались наукой: Ульянов устроил дома химическую лабораторию, постоянно возился с приборами и склянками, Рузский — страстный натуралист и охотник — коллекционировал птиц и бабочек. Осенью 1884 г., окончив гимназию с серебряной медалью, М. Д. поступил на естественное отделение физико-математического факультета Казанского университета. С А. И. Ульяновым он вёл переписку, и когда примкнувший к народолюбцам Александр Ильич после неудавшегося покушения 1 марта 1887 г. был казнён, Рузского взяли под подозрение.

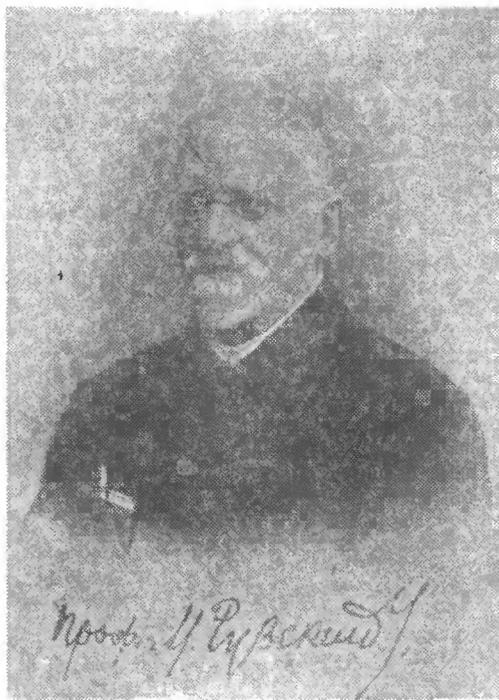
Серьёзный интерес к зоологии появился у М. Д. ещё в гимназии. Шестиклассником он получил от отца ружьё и частенько пропадавал на охоте, после каждой экскурсии пополняя свою орнитологическую коллекцию. Большое воспитательное значение для начинающего зоолога имели совместные

прогулки в окрестностях Симбирска с приезжавшим из Петербурга проф. М. Н. Богдановым. В университете первокурсника умело направил в научных занятиях профессор зоологии Н. М. Мельников, разглядевший в Рузском незаурядную любознательность и талант естествоиспытателя.

Свои зоологические сборы, в том числе более 500 птиц, произведенные в окрестностях Симбирска и на реках Волга и Свияга, студент Рузский пожертвовал университетскому музею. С первого же курса М. Д. стал принимать участие в работах общества естествоиспытателей. В 1886 г. вышла из печати первая научная работа юбиляра — «Доклад о вредных насекомых, доставленных в Энтомологическую комиссию Общества естествоиспытателей при Казанском университете».

Ко времени окончания университета, в 1888 г., М. Д. имел уже 9 печатных научных трудов. Его студенческая работа «Пелагическая фауна озера Кабана», являющаяся первой в России гидробиологической работой, посвящённой изучению пресноводного планктона, была отмечена Казанским университетом присуждением золотой медали. Другая работа — «Рыбы бассейна реки Свияги» — дала М. Д. учёную степень кандидата естественных наук (1888).

По окончании университета М. Д. занял с 1 сентября 1888 г. должность старшего лаборанта при зоологическом кабинете Казанского университета. Затем он был переведён на должность хранителя зоологического музея, каковым проработал 15 лет (1890—1905). В это время М. Д. завязывает сношения с рядом выдающихся учёных нашей страны. Он знакомится с Н. М. Пржевальским, посетившим Казань в начале своего широко задуманного пятого путешествия, незадолго до смерти. В 1892 г. М. Д. с кол-



лекцией сомнительных видов птиц едет в Москву к М. А. Мензбиру, с которым у него потом устанавливаются дружественные отношения. На IX Съезде русских естествоиспытателей и врачей в Москве (1894) М. Д. делает доклад о птицах Казанской губернии. Здесь он знакомится с Н. А. Холдковским и другими зоологами.

В 1895 г. М. Д. получил научную командировку за границу. Заслуженный профессор Московского университета А. П. Богданов, с которым М. Д. был уже раньше хорошо знаком, дал молодому зоологу ряд рекомендательных писем. В Вене М. Д. работал по ихтиологии у знаменитого Штейндахнера, в Цюрихе занимался у мирмеколога Фореля и сравнительного анатома Ланга, в Берлине и Париже изучал зоологические музеи, сады и аквариумы. Несколько месяцев провёл на зоологической станции в Неаполе, что дало ему знакомство с богатой морской фауной.

Так из М. Д. выработался широко образованный зоолог-систематик, морфолог, зоогеограф, мастерски владеющий материалом по различным группам животного мира.

Научная работа продолжалась своим чередом. В 1897 г. М. Д. сдает экзамены и в 1898 г. защищает в Казанском университете магистерскую диссертацию на тему «Материалы по изучению птиц Казанской губернии». Работа эта ещё в 1894 г. была отмечена Казанским обществом естествоиспытателей премией имени проф. К. Ф. Кесслера. В том же 1898 г. М. Д. был утверждён приват-доцентом по кафедре зоологии, сравнительной анатомии и физиологии. М. Д. читает ряд зоологических дисциплин: морфологию скелета позвоночных животных, биологию и зоогеографию животных, анатомию человека и демонстративный курс систематики позвоночных. 15 лет доцентуры — огромная научно-педагогическая школа, которая делает М. Д. разносторонним и высококвалифицированным зоологом и лектором.

Одновременно с большой работой в университете М. Д. находил время для преподавания зоологии и сравнительной анатомии в Казанском ветеринарном институте, где он заведывал также зоологическим музеем (1900—1913). В Казани М. Д. был, кроме того, преподавателем естественной истории, физики и физической географии в земской школе для образования народных учителей (1894—1913), затем преподавал естественную историю и экономическую географию в женском профессиональном училище (1896—1909).

Научные интересы М. Д. в этот период необычайно широки. Начав на студенческой скамье с изучения вредных насекомых, он вскоре же выказывает себя наблюдательным ихтиологом, даёт толчок планктологическим исследованиям в России, серьёзно работает в области орнитологии. Однако уже в 1894 г. выходит совместная статья М. Д. Рузского и А. Я. Гордятина, посвящённая фауне муравьёв восточной России. С этого времени М. Д. всё большее внимание начинает уделять муравьям, оставшимися в России совершенно неизученными. Итогом

десятилетнего упорного труда явился вышедший в 1905 г. первый том капитальной сводки «Муравьи России»; в 1907 г. вышел второй том этого сочинения, принесшего М. Д. заслуженную славу крупнейшего русского мирмеколога. Харьковский университет удостоивает М. Д. за эту работу в 1908 г. степени доктора зоологии, Российской Академия Наук отмечает выдающийся труд присуждением премии имени академика К. М. Бэра, а Московское общество любителей естествознания, антропологии и этнографии награждает М. Д. премией имени заслуженного профессора А. П. Богданова.

В 1910 г. М. Д. Рузского приглашают профессором в Саратовский университет, а в 1911 г. его избирают профессором Одесского университета, но в обоих случаях реакционное министерство Кассо не утверждает его в этих должностях.

В 1913 г. М. Д. почти одновременно избирают профессором зоологии в Киевский и Томский университеты. Сибирью М. Д. интересовался уже раньше, её необъятные просторы и неизученная природа увлекают его, и он принимает последнее предложение. В августе 1913 г. М. Д. приезжает в Томск и становится заведывающим кафедрой зоологии и сравнительной анатомии сначала медицинского факультета, затем физико-математического (1917), а с 1932 г. заведывающим кафедрой зоологии беспозвоночных биологического факультета университета.

В Томске М. Д. пришлось быть также профессором Сибирских высших женских курсов, на которых он читал зоологию, географию и латинский язык. Он преподавал зоологию в акушерско-фельдшерской школе и в фармацевтическом техникуме, заведывал кафедрой зоологии и биологии Государственного Педагогического института (1936—1940), а в период деятельности при университете Биологического научно-исследовательского института заведывал в нём лабораторией зоологии беспозвоночных (1935—1941).

М. Д. Рузский является старейшим учёным Томского университета и одним из старейших зоологов нашей страны. В течение более полувековой истории Томского университета кафедра зоологии знала только двух профессоров — сначала Н. Ф. Кашенко (1888—1912), а затем М. Д. Рузского, который и является её настоящим создателем.

В 1934 г., в связи с пятидесятилетним юбилеем университета, Президиум Всероссийского Центрального Исполнительного Комитета присвоил М. Д. почётное звание заслуженного деятеля науки РСФСР. Теперь, в день своего восьмидесятилетия, Указом Президиума Верховного Совета СССР юбилей награждён за выдающуюся научную деятельность в области зоологии и плодотворную работу в деле подготовки кадров орденом Трудового Красного Знамени.

Несмотря на свои годы, М. Д. сохраняет полную работоспособность.

Научная деятельность М. Д. весьма разносторонняя, и в кратком очерке невозможно охарактеризовать её сколько-нибудь полно. Но прежде всего нужно подчеркнуть, что М. Д. не является кабинетным учёным. Это —

опытный полевой исследователь, натуралист, прекрасный наблюдатель, от взора которого не ускользает ни одна деталь. Он обладает талантом собирать огромное количество фактов и, что ещё важнее, умеет и обобщить их.

Об объёме полевых работ М. Д. даёт некоторое представление следующий список важнейших его экспедиций и экскурсий. Из Казани М. Д. выезжал в Казанскую и Самарскую губернии (неоднократные поездки в 1886—1895 гг.), на Южный Урал и в восточное Зауралье (1894), в южную часть Тобольской губернии и в Акмолинскую область (1896), на Индерские горы и к Каспийскому морю (1897), на Кавказ (1899), в Крым (1900), в Киргизскую степь и к Баскунчаку (1902), в Закаспийскую область и на Мангышлак (1911). По приезде в Томск М. Д. сейчас же принимается за изучение природы Сибири, начатое еще в 1896 г. Сначала он едет на Салаирский кряж, Кузнецкий Алатау и Алтай (1914), затем в долину верхнего Енисея, на Абакан и Мажарские озёра (1915), на Байкал, Селенгу, Амур, в северную Монголию и в Уссурийский край (1916). В последние годы М. Д. изучает фауну окрестностей г. Томска, выезжает в Кузнецк, Колпашево, Богородское на р. Оби, Маринск, в бассейн р. Ииши, на курорт Шира (1917—1922). С 1923 по 1939 г. М. Д. занимается изучением фауны Барабинской степи, работая летом в качестве биолога-консультанта на курорте Качачи, откуда предпринимает многочисленные экскурсии по окрестностям для обследования различных стадий этого участка Западно-сибирской низменности.

Личное знакомство со всеми ландшафтами, кроме тундры, и богатой фауной СССР делает М. Д. крупным зоогеографом. Этому содействует также его необычайно широкая эрудиция в различных областях зоологии. Перу М. Д. принадлежит более 120 печатных работ. В них он затрагивает самые разнообразные типы и классы животных, за исключением только иглокожих.

Основная масса работ, в числе 40, посвящена изучению мирмекологической фауны СССР и сопредельных стран и систематике муравьёв. Многочисленные собственные сборы и обработка коллекций других исследователей позволили М. Д. охватить своими работами огромную территорию Евразии — от Белоруссии и Литвы на Западе до Камчатки и Уссурийского края на востоке, от Архангельска и Сургута на севере до Закавказья, Средней Азии, Монголии и Тибета на юге. Упомянутый уже капитальный труд «Муравьи России» представляет до настоящего времени единственную на русском языке сводку по систематике, экологии и зоогеографии этой группы насекомых. В мирмекологических работах М. Д. описано 137 новых для науки видов и рас, установлено 4 новых рода муравьёв.

Полтора десятка работ М. Д. посвящено другим группам насекомых и особенно вредным. Начав еще в 80-х годах прошлого столетия специально заниматься вопросами сельскохозяйственной энтомологии районов нынешней Татарской республики и окрестно-

стей г. Куйбышева, М. Д. явился пионером этого дела в средней полосе России. Вопросы прикладной энтомологии продолжают интересовать М. Д. и в последующие годы: он первый в Сибири начал изучать малрийного комара, установил нахождение здесь вольфартовой мухи, вызывающей у людей и животных явления миазы, и т. д.

Здесь же следует отметить работы М. Д. по клещам, гельминтам и общим вопросам паразитологии. Интерес к проблемам медицинской и ветеринарной зоологии сочетается у М. Д. с широкими фаунистическими исследованиями, что видно на примере курорта Качачи в Барабинской степи, изучению которого М. Д. посвятил 17 лет, дав в результате обзор фауны края по целому ряду групп.

Большее десяти работ посвящено вопросам ихтиологии. Особенное значение имеют: сводка «Рыбы реки Томи» (1920), затем обзор ихтиофауны верхнего течения р. Енисея (1916), которые до М. Д. оставались неизученными. М. Д. описал три новых для науки подвида рыб. Ряд статей посвящён вопросам биологии рыб и рыбоводства.

Большое внимание на протяжении целого полувека уделял М. Д. орнитологии. Двенадцать работ касаются фауны и биологии птиц разных районов Поволжья, Кировской области и степной полосы Западной Сибири. Упомянутая выше монография птиц Казанской губернии (1893) до настоящего времени является настольной книгой каждого, кто занимается орнитофауной Татарской республики. Законченная М. Д. в 1944 г. и ещё неопубликованная работа «Птицы Барабинской степи» даёт итог двухсотлетних исследований орнитофауны степной части Обь-Иртышского междуречья.

В отдельных работах М. Д. касается также земноводных, рептилий и млекопитающих. Особый интерес представляет монография «Зубр, как вымирающий представитель нашей фауны» (1898), в которой автором указываются мероприятия по сохранению этого ценнейшего зверя.

Далее необходимо отметить общефаунистические работы М. Д., числом до 15, в которых даётся сжатая характеристика ландшафтов и животного мира отдельных районов СССР. Для познания малоизученной природы Западной Сибири особое значение имеют: «Краткий фаунистический очерк южной полосы Тобольской губернии» (1897), затем «Динамика и генезис животной жизни на Качачах» (1935) и ещё неопубликованные работы — «Значение Барабы как миграционного пути в фауне Сибири» и «Значение ледникового периода в динамике фауны Западной Сибири». Во всех своих работах М. Д. выступает в качестве последовательного дарвиниста, трактующего вопросы зоогеографии с широким био-историческим позициям.

Большое внимание М. Д. уделяет вопросам истории отечественной зоологии, популяризации наших славных учёных. В 15 статьях им охарактеризована деятельность крупных русских зоологов — М. Н. Богданова, Н. М. Мельникова, Э. А. Эверсмана и др. В 1940 г. в юбилейном издании к 135-летию

Московского общества испытателей природы вышла монография М. Д. об известном исследователе Сибири Ф. В. Геблере. К этой же серии работ принадлежит: «Краткий очерк зоологического изучения Сибири за 50 лет существования Томского университета» (1940) и «Двести лет зоологических исследований Сибири» (1937). Последний труд, к сожалению, опубликован лишь в виде краткого автореферата. В своих историко-зоологических сочинениях М. Д. даёт ценнейший материал из личных впечатлений и воспоминаний, так как он был знаком с такими исследователями Сибири, как С. А. Бутурлин, К. М. Дерюгин, Б. А. Житков, А. М. Никольский, А. П. Семенов-Тянь-Шанский, И. П. Сушкин и др.

Работы М. Д. привлекают современника еще и тем, что в них неуклонно связываются задачи теории и практики, науки и хозяйства. Особенно ясно видно это из статьи «О задачах зоологических исследований в Сибири» (1919). М. Д. во всей широте поставил задачи изучения промысловых рыб Сибири, охотничьих зверей и птиц, а также вредных насекомых.

Две трети научных работ профессора Рузского посвящено изучению животного мира Сибири. Труды М. Д. — это особая глава в истории зоологических исследований восточных областей Советского Союза. О заслугах М. Д. в деле изучения отечественной фауны постоянно напоминают зоологи не только многочисленные труды юбиляра, описанные им новые для науки формы простейших, веслоногих рачков, муравьев, рыб, но и большое количество видов животных, названных в честь М. Д. его именем другими учёными. Муравьев описывали К. Эмери (*Strongylognathus ruzskii*, *Camponotus margingatus ruzskii*), А. Форель (*Myrmelachista ruzskii*, *Rhynomyrmex ruzskii*), Н. А. Кузнецов-Угамский (*Proformica ruzskii*), В. А. Караваев (*Prenolepis ruzskii*, *Cataglyphis ruzskii*), Е. Ф. Киселева (*Myrmica rugosa ruzskii*), А. Ф. Вашкевич (*Aphaenogaster ruzskii*), А. П. Семенов-Тянь-Шанский назвал в честь Рузского двух жуков (*Thorictus ruzskii*, *Brachinus ruzskii*), П. П. Сушкин — бабочку голубянку с Алтая (*Lycaena icarus ruzskii*), А. Н. Мартынов — ручейника из Барабы (*Lepidocercus ruzskii*), Б. Г. Иоганзен — верхнеобскую стерлядь (*Acipenser ruthenus ruzskii*) и др.

Особенно развернулась научная деятельность М. Д. после Великой Октябрьской социалистической революции.

Отличительной особенностью М. Д., как учёного, является его постоянная связь с коллективом. Около него группируется научная молодежь. Каждый обращающийся к нему за советом находит у М. Д. горячее участие, помощь, исчерпывающую консультацию и уходит обласканным. Это не мешает М. Д. быть требовательным к своим помощникам, как и к себе самому. Публичные выступления, доклады М. Д. блещут остро-

умием, ярки и потому всегда привлекают слушателей.

М. Д. является действительным членом ряда научных обществ. В 1933 г. по инициативе и под председательством М. Д. Рузского в Томске было организовано Советское сибирское зоологическое общество, работающее в настоящее время в виде зоологической секции Томского общества испытателей природы, почётным председателем которой является юбиляр.

Научно-общественная деятельность М. Д. весьма разнообразна. С 1908 по 1913 г. он состоял сначала членом, а затем председателем совета Казанского городского научно-промышленного музея, ныне Центрального научного музея Татарской республики. При музее им были основаны почвенно-экологическое отделение и рыбоводная станция по искусственному оплодотворению стерляди, сига и форели. В Томском университете в 1917 г. М. Д. был секретарём физико-математического факультета, а затем его деканом (1918—1919). На курорте Карачи М. Д. основал Краеведческий естественно-научный музей, по постановлению Наркомздрава РСФСР носящий имя проф. М. Д. Рузского. В музее сосредоточено большое количество представителей флоры и фауны Барабы (370 видов растений, 930 чучел и банок с препаратами, более 5300 экземпляров насекомых и др.), собранных преимущественно руками самого М. Д. Исключительно велика также роль М. Д. в расширении коллекций зоологического музея Томского университета, который является теперь важным учебным и культурно-просветительным учреждением города.

М. Д. живо откликается на научные запросы современности. Он сотрудничает в Сибирской советской энциклопедии, в которой помещает около 30 статей по фауне Сибири и о сибирских зоологах. С началом Великой Отечественной войны М. Д. пишет записки о возможностях мобилизации животных ресурсов Барабы для продовольственных целей. Теперь, в связи с образованием Томской области, М. Д. энергично взялся за составление обзора животного мира в границах области.

Преподавательская деятельность М. Д. также разносторонняя, как и его научные интересы. Перечень читавшихся им предметов превышает полтора десятка.

За полвека педагогической деятельности через аудиторию М. Д. прошли тысячи слушателей. Многие из его учеников стали докторами и кандидатами наук и успешно развивают советскую биологию в разных частях нашей необъятной родины.

Высокая правительственная награда — достойная оценка заслуг юбиляра перед Родиной.

Пожелаем же Михаилу Дмитриевичу Рузскому долгой жизни и плодотворной дальнейшей работы во славу нашей Отчизны!

Б. Г. Иоганзен.

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПОПУЛЯРНЫЙ ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, ИЗДАВАЕМЫЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК СССР

34-й год издания

„ПРИРОДА“

34-й год издания

Председатель редакционной коллегии акад. С. И. Вавилов
Ответственный редактор проф. В. П. Савич

Члены редакционной коллегии:

Акад. А. И. Абрикосов (отд. медицины), акад. А. Е. Арбузов и акад. В. Г. Хлопин (отд. химии), акад. С. Н. Бернштейн (отд. математики), акад. С. И. Вавилов (отд. физики и астрономии), акад. А. М. Деборин (отд. истории и философии естествознания), член-корр. Б. Л. Исаченко (отд. микробиологии), акад. Б. А. Келлер, акад. В. Л. Комаров и проф. В. П. Савич (отд. ботаники), акад. В. А. Обручев и проф. С. В. Обручев (отд. геологии), акад. Л. А. Орбели (отд. физиологии), акад. Е. Н. Павловский (отд. зоологии и паразитологии), акад. А. М. Терпигоров (отд. техники), акад. А. Е. Ферсман (отд. минералогии и природных ресурсов), акад. И. И. Шмальгаузен (отд. общей биологии), проф. М. С. Эйгенсон (отд. астрономии).

ЖУРНАЛ ПОПУЛЯРИЗИРУЕТ достижения в области естествознания в СССР и за границей, наиболее общие вопросы техники и медицины и освещает их связь с социалистическим строительством. Информировывает читателя о новых данных в области конкретного знания, журнал вместе с тем освещает общие проблемы естественных наук.

В ЖУРНАЛЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ все основные отделы естественных наук, организованы также отделы: естественные науки и строительство СССР, география, природные ресурсы СССР, история и философия естествознания, новости науки, научные съезды и конференции, жизнь институтов и лабораторий, юбилей и даты, потери науки, критика и библиография.

ЖУРНАЛ РАССЧИТАН на научных работников и аспирантов: естественников 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 и медицинских работников и т. д.

„ПРИРОДА“ дает читателю информацию о жизни советских и иностранных научно-исследовательских учреждений. На своих страницах „Природа“ реферирует естественно-научную литературу.

Редакция: Ленинград 22, ул. проф. Попова, 2, кв. 20

ПОДПИСНАЯ ЦЕНА: НА ГОД ЗА 6 №№ . . . . . 36 РУБ.
НА 1/2 ГОДА ЗА 3 №№ . . . . . 18 РУБ.

РАССЫЛКУ №№ ПО ПОДПИСКЕ ПРОИЗВОДЯТ:

Москва, Пушкинская ул., д. 23. Контора по распространению изданий Академии Наук СССР „Академкнига“.
Ленинград, Литейный пр., 53а, Ленинградское отдел. „Академкнига“.