

# ПРИРОДА

---

---

4

АПРЕЛЬ

1952



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

# ПРИРОДА

---

АПРЕЛЬ

4

1952

ГОД ИЗДАНИЯ СОРОК ПЕРВЫЙ

---

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПОПУЛЯРНЫЙ  
ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
АКАДЕМИИ НАУК СССР



ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР  
АКАДЕМИК О. Ю. ШМИДТ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Академик А. Е. АРБУЗОВ (*химия*), академик К. М. БЫКОВ (*физиология*), академик А. В. ВИНТЕР (*техника*), академик Е. Н. ПАВЛОВСКИЙ (*зоология и паразитология*), академик В. И. СУКАЧЕВ (*ботаника*), академик А. М. ТЕРПИГОРЕВ (*техника*), член-корреспондент Академии Наук СССР А. Д. АЛЕКСАНДРОВ (*математика*), член-корреспондент Академии Наук СССР А. П. ВИНОГРАДОВ (*геохимия*), член-корреспондент Академии Наук СССР Б. М. ВУЛ (*физика*), член-корреспондент Академии Наук СССР И. П. ГЕРАСИМОВ (*география*), член-корреспондент Академии Наук СССР И. А. КРАСИЛЬНИКОВ (*микробиология*), член-корреспондент Академии Наук СССР Б. В. НЕКРАСОВ (*химия*), член-корреспондент Академии Наук СССР Д. И. ЩЕРБАКОВ (*геология*), член-корреспондент Академии Наук СССР А. В. ШУБНИКОВ (*кристаллография*), доктор биологических наук И. А. ЕФРЕМОВ (*палеонтология*), доктор биологических наук Л. А. ЗЕНКЕВИЧ (*океанология*), доктор физико-математических наук Б. В. КУКАРКИН (*астрономия*), доктор физико-математических наук В. Л. ЛЕВШИН (*физика*), доктор физико-математических наук К. К. МАРДЖАНИШВИЛИ (*математика*), доктор биологических наук И. И. ПУЖДИН (*биология*), кандидат философских наук Д. М. ТРОШИН (*философия*), профессор И. П. НОВИКОВ (*теплофизика*), А. И. ПАЗАРОВ

---

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

# СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Академик А. Н. Несмеянов</i> НАУКА — НАРОДУ . . . . .	3
<i>Академик А. И. Опарин</i> ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ . . . . .	7
<i>Член-корреспондент АН СССР Н. В. Белов</i> ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛОВ . . . . .	17
<i>Профессор В. П. Зубов</i> ВЕЛИКИЙ УЧЕНЫЙ ЭПОХИ ВОЗРОЖДЕНИЯ (К ПЯТИСОЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ) . . . . .	21
<i>Профессор А. А. Ничипорович</i> ФОТОСИНТЕЗ РАСТЕНИЙ . . . . .	37
<i>Б. А. Федорович</i> ПОКОРЕНИЕ ПУСТЫНЬ . . . . .	47
<i>И. Е. Губин</i> . . . . . О ПРОГНОЗЕ МЕСТ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ И ГЕО- ЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ . . . . .	55
<i>Профессор Л. А. Зенкевич</i> ПЕРЕДЕЛКА ФАУНЫ МОРЕЙ СССР . . . . .	66
<i>Е. А. Терентьева</i> РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ . . . . .	71
<b>ЛАУРЕАТЫ СТАЛИНСКИХ ПРЕМИЙ</b>	
Беседа с селекционером <i>Л. А. Колесниковым</i> . Сотни новых сортов сирени . . . . .	82
<i>А. И. Векслер</i> . Мичуринцы Никитского ботанического сада . . . . .	86
<i>А. И. Онучак</i> . Талантливый самородок . . . . .	89
<b>В ИНСТИТУТАХ И ЛАБОРАТОРИЯХ</b>	
Беседа с директором Института мозга профессором <i>С. А. Саркисовым</i> . Наши планы и новые труды . . . . .	91
<b>ИЗ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКИ</b>	
<i>Член-корреспондент АН СССР В. К. Аркадьев</i> . Выдающийся рус- ский физик (к сорокалетию со дня смерти П. Н. Лебедева) . . . . .	93
<i>А. Р. Сердюков</i> . Первая большая школа физиков в России . . . . .	97
<b>НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ</b>	
<i>Академик А. Н. Заварицкий</i> . Извержение вулкана Геклы (104). <i>Е. Н. Павлова</i> . Ин- фракрасное излучение Млечного Пути (107). <i>П. Л. Горчаковский</i> . Высокогорные луга Урала (110). <i>А. И. Перельман</i> . Типоморфные химические элементы в ландшафте (113). <i>Е. М. Пет- ров</i> . Крымская крупноплодная рябина (118). <i>В. А. Дубянский</i> . Новые строительные мате- риалы в районах Главного Туркменского канала (119). <i>Д.м. Обручев</i> . Гигантские панцирные рыбы (122).	
<b>КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ</b>	
<i>Академик В. А. Обручев</i> . В помощь строителям канала . . . . .	123
<i>Член-корреспондент АН СССР А. А. Михайлов</i> . Астрономия в России XVII— XVIII веков . . . . .	124
<i>В. А. Дивин</i> . Ценное исследование о великом русском мореплавателе . . . . .	125
НОВЫЕ КНИГИ . . . . .	128



### ЗАСЕДАНИЕ ПРЕЗИДИУМА АКАДЕМИИ НАУК СССР

Репродукция с картины художников  
А. М. Гущая, В. П. Ефремов, Л. С. Компарова,  
В. М. Мухомолов, Г. П. Сулайманов,  
Н. Ф. Сурайова, Г. В. Щербатова

Бессонная  
художественная выставка  
1951 года

---

# НАУКА — НАРОДУ

---

*Академик А. Н. Несмеянов  
Президент Академии Наук СССР*



Ежегодное присуждение Сталинских премий за выдающиеся результаты в науке, изобретательской деятельности и за коренные усовершенствования производственных процессов вызывает такое же пристальное внимание и интерес самых широких кругов советского народа, как и присуждение Сталинских премий в области искусства. И искусство и наука в Советской стране близки народу, цели их понятны и дороги широким массам народа, ибо они верно служат народу, множат его духовные и материальные богатства, приближают осуществление его заветной мечты — построение коммунизма, и, служа советскому народу, они служат Человечеству.

Присуждение Сталинских премий — это и отчет науки и искусства перед родной страной и народный праздник. Любуясь вместе с празднично настроенной толпой народа станциями кольцевой линии метрополитена, вы видите на лицах и слышите яркое выражение одобрения этим подземным дворцам, чудесной шусевской архитектуре станции Комсомольская-кольцевая, сказочно прекрасным, волнующим душу мозаичным картинам Корина. «Стоит Ста-

линской премии» — веско судит сосед — солидный колхозник. «Стоит Сталинской премии» — говорит уже другой зритель по адресу вавилонского люминесцентного освещения, залитшего подземный зал ровным дневным светом.

\* \* \*

Вдумываясь в характер научных работ, изобретений и усовершенствований, отмеченных высокой наградой Сталинских премий, видишь, как они в концентрированной форме отражают широкое мирное строительство и непрерывное поступательное движение нашей Родины. Лауреатом является наша наука, поднимающая культуру, наша техника, в неслыханном темпе повышающая производительность труда, действующая в городе и деревне, на полях, в лесах и в недрах земли — на всем обширном просторе нашей Родины. Здесь и необходимые для картографии новые выводы о форме Земли, и разведанные новые залежи рудных и нерудных полезных ископаемых, найденные передовыми методами разведки, и новые данные палеонтологии, позволяющие точнее определять геологический возраст, вернее, на-

правлять поиски ископаемых, и новое слово в химическом строении силикатных минералов, составляющих основную толщу земной коры.

Здесь и предельно простой синтетический способ получения спирта, в частности подводящий новую, не пищевую базу для производства синтетического каучука лебедевским процессом; и теория лебедевского процесса, позволяющая еще больше увеличить выпуск синтетического каучука; и изящный синтез сложнейших структур алкалоидов — пилокарпина и эметина; и закономерности ориентации внутрисферного замещения в комплексных соединениях, позволяющих осуществлять в этой области направленный синтез.

Мы видим в числе работ, удостоенных Сталинских премий, исследование тонкими астрофизическими методами явлений, протекающих в хромосфере Солнца, имеющих самое непосредственное земное значение в радиотехнике; и новое широкое обобщение о природе света, его микроструктуре, сделанное покойным С. И. Вавиловым как итог его глубоких и практически целенаправленных научных работ, и новые исследования в области радиотехники.

Сюда входят и исследования механиков, закладывающие основы теории пластичности, разрабатывающие остро-актуальные вопросы аэро-и гидродинамики; и работы математиков, открывающие пути такой препарировки функций действительного и комплексного переменного, которые позволяют включить в решение мощные средства быстродействующей машинной техники.

Мы находим в списке трудов, удостоенных Сталинских премий, и работы по управлению русловым потоком, по системе мелиоративных мероприятий, рациональному лесному хозяйству, по лугам, по инвентаризации флоры и фауны СССР с учетом экологии. Эти научные исследования имеют громадное значение с точки зрения новых

условий обитания в районах, где осуществляются огромные преобразующие природу ирригационные, гидротехнические и защитные работы.

Мы видим, наконец, создание многочисленных механизмов, облегчающих труд человека, в огромной мере умножающих его производительность в горном деле, на транспорте, в сельском хозяйстве, на заводах, фабриках, на производящих энергию предприятиях, мы видим целые автоматически работающие заводы.

Поражающая картина мирного, плодотворного труда, питающего науку и оплодотворяемого наукой!

\* \* \*

В дни, когда сотни миллионов людей с негодованием и омерзением узнали о разбрасывании войсками США над Кореей и Китаем блох, кузнечиков, москитов, птиц и летучих мышей, зараженных бактериями чумы, холеры и тифа, особенно ярко проявляется коренная противоположность между нашей социалистической, жизнеутверждающей наукой и империалистической наукой смерти. Совсем с иной целью, чем покрывшие себя позором энтомологи Кэмп Детрика, изучили профессор Г. Я. Бей-Биенко и Л. Л. Мищенко саранчевую фауну СССР и сопредельных стран, А. И. Куренцов — вредных насекомых Приморского края, а Г. П. Дементьев и его сотрудники — птиц СССР.

Химия сейчас используется империалистами для умерщвления людей и осуществления человеконенавистнических целей. В нашей стране химия — наука, всецело служащая миру и укреплению здоровья человека. Ярким примером в этом отношении может служить удостоенный Сталинской премии первой степени научный труд профессора Н. А. Преображенского. Ему принадлежат широкие исследования по искусственному получению природных физиологических активных и лечебных веществ и



родственных им по структуре и действию соединений.

Исследования Н. А. Преображенского включают ряд алкалоидов, витаминов и провитаминов типа каротина. Талантливый советский ученый упростил и довел до технической осуществимости свой синтез алкалоида пилокарпина, этого важнейшего средства борьбы с глаукомой, одной из самых распространенных причин слепоты.

Жизнеутверждающий гуманный характер советской науки, противостоящей человеконенавистнической науке США, особенно ярко демонстрируют работы в области медицины и физиологии, удостоенные Сталинской премии. Здравоохранение в нашей стране поставлено на невиданную высоту, недостижимую для так называемых передовых стран Западной Европы и Америки. В нашей стране имеется широкая целесообразно организованная система социального страхования, профилактических мероприятий, сеть санаториев, домов отдыха, диспансеров, больниц, специализированных научно-исследовательских и лечебных институтов, таких, как туберкулезные, онкологические, тропических болезней, лечебного питания и множество других. В больших количествах вырабатываются новейшие лечебные средства. Недавно недоступный пенициллин ныне общедоступен. Широко внедряется стрептомицин в борьбе с туберкулезом. Найдены новые советские антибиотики, новые обезболивающие препараты, такие, как промедол, во много раз более действенные, чем морфин и в противоположность ему — безопасные. Ныне медицина вооружена новейшими средствами исследования и лечения, которые ей дают физика, химия, биохимия, павловская физиология, микробиология. Ушли в прошлое оспа, чума, холера, сифилис. В текущем году Сталинской премией первой степени отмечена победа над малярией, которая незаметно, но в результате умной

и напряженной борьбы на наших глазах сошла на-нет. В СССР уже нет более малярийных местностей и нет малярии как массовой болезни.

Как не вспомнить здесь о полной победе наших энтомологов и врачей (в результате подробного изучения жизненного цикла и экологии некоторых видов клещей) над появившимся некоторое время тому назад у смелых пионеров — завоевателей тайги страшным таежным энцефалитом? Перестали быть опасными болезнями рожа, пневмония. Перестал быть безнадежной болезнью туберкулез.

Успехи в лечении костного туберкулеза отмечены присуждением Сталинской премии. Высокой гуманной цели — укреплению здоровья людей служит труд действительного члена Академии медицинских наук П. Г. Корнева, глубоко разработавшего диагностику и лечение костно-суставного туберкулеза. Этот патологический процесс советский ученый рассматривает как заболевание всего организма, а не только костей и суставов. Профессором П. Г. Корневым создана новая классификация разных форм заболевания, положенная в основу клинических исследований и принципов лечения.

Ведется наступление на рак. Советские физиологи, развивая физиологическую науку, поднятую И. П. Павловым на огромную высоту, выясняют роль коры головного мозга в функциях внутренних органов в норме и в патологии. Таковы, например, удостоенные Сталинской премии, исследования по дыхательному центру, по кровоснабжению мозга, по высшей нервной деятельности ребенка.

Профессор Б. Н. Косовский подробно исследовал механизм кровоснабжения мозга, дал общую архитектуру сосудисто-капиллярной системы, установил нервно-гуморальные механизмы, регулирующие просвет мозговых сосудов и распределение крови по отдельным частям мозга. Тем самым этот

ученый создал основу для лечебного вмешательства в разнообразные патологические нарушения нормального кровоснабжения мозга.

Один из старейших и выдающихся учеников И. П. Павлова действительный член Академии медицинских наук СССР Н. И. Красногорский первый начал с позиций великого ученого изучать высшую нервную деятельность ребенка. Его научные работы, удостоенные Сталинской премии, имеют большое практическое значение для правильной постановки воспитания детей и установления режима школьников, а также ребят, находящихся в лечебных и профилактических учреждениях.

Идет борьба с самой смертью в прямом значении слова. Исключительный интерес представляет работа профессора В. А. Неговского и коллектива сотрудников, которые на основе всестороннего изучения закономерностей умирания и восстановления функций центральной нервной системы, дыхания и кровообращения выработали простые и эффективные методы оживления человеческого организма, только что погибшего от тяжелых повреждений, ранений, шока, острой потери крови и т. д. Метод В. А. Неговского

заключается в нагнетании внутривенно и внутриаартериально крови, в искусственном дыхании, осуществляемом при помощи специальных аппаратов.

Нагнетание крови с добавлением глюкозы и адреналина через артерии обеспечивает быстрое восстановление деятельности мышцы сердца.

Этот метод позволяет вернуть к жизни человека в первые пять минут после его смерти. Таких воскрешенных имеется уже несколько человек, ныне благополучно здравствующих.

\* \* \*

Советская жизнеутверждающая наука цветет и плодоносит. Ученые нашей Родины все силы и помыслы отдают народу, его здоровью и счастью, его заветной цели — построению коммунизма.

Поздравим же новый отряд лауреатов Сталинской премии с высоким признанием их заслуг и пожелаем им новых успехов, пожелаем им с честью участвовать в осуществлении призыва великого Сталина не только догнать, но и превзойти в ближайшее время достижения науки за рубежами нашей Родины.





---

# ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ

---

*Академик А. И. Опарин*



Проблему происхождения жизни нельзя рассматривать только как узко биологическую. Для разрешения этой проблемы необходимо изучение различных форм движения материи, различных этапов, через которые проходило развитие неорганической и органической природы. Проблема происхождения жизни теснейшим образом связана со многими областями естествознания — физикой, химией, астрономией, геологией и т. д. Поэтому все то новое и прогрессивное, что создается в области естествознания, должно тщательным образом учитываться при построении наших представлений о происхождении жизни.

Наше советское естествознание особенно богато научными достижениями, имеющими принципиальное мировоззренческое значение. Здесь можно назвать широко развернувшиеся исследования в области изучения строения белков и их каталитического действия, полное глубокого теоретического значения учение Т. Д. Лысенко о единстве организма и среды, последние данные О. Б. Лепешинской об образовании клеток из неклеточного живого вещества. Большое значение имеют созданные советскими учеными новые космогонические теории.

Работая уже в течение многих лет над проблемой происхождения жизни, я постарался в нижеприводимой статье дать популярное изложение своих взглядов по этому

вопросу с учетом всего того нового, чем обогатило нас советское естествознание за последние годы.

Вопрос о сущности жизни и ее происхождении всегда привлекал к себе человеческий ум. В разные эпохи и на разных ступенях развития он решался по-разному, но всегда вокруг него разворачивалась острая борьба двух непримиримых философских лагерей — материализма и идеализма. В чем сущность жизни, сущность того, что свойственно всем живым организмам при всем их разнообразии, но что отличает даже наипростейшие бактерии от объектов неорганического мира? Является ли жизнь, как и весь остальной мир, материальной по своей природе или ее сущность лежит в каком-то духовном и непознаваемом опытным путем начале?

Если жизнь материальна, то можно и должно, исследуя ее закономерности, сознательно и направленно изменять, перестраивать живые существа. Если же живое сотворено духовным началом и его сущность непознаваема, то мы можем лишь пассивно созерцать живую природу, беспомощные перед якобы неистижимыми, сверхъестественными явлениями.

Вся история биологии показывает нам, насколько плодотворен материалистический путь изучения живой природы на основе объективного наблюдения, опыта, общественно-

исторической практики, насколько полно он раскрывает перед нами сущность жизни и позволяет нам овладеть живой природой на благо человека, строителя коммунизма.

История биологии со всей очевидностью свидетельствует о решающей роли условий общественной жизни, характера общественного строя для развития этой науки. Развитие биологии в СССР доказывает, что ее превосходство над современной псевдонаукой вейсманизма-морганизма и блестящая победа мичуринского материалистического учения обусловлены превосходством советского, социалистического общества над прогнившим строем капитализма.

Происхождение жизни — одна из основных проблем биологической науки, которая длительное время не получала естественно-научного обоснования; вследствие этого она служила убежищем для всякого рода идеалистических представлений.

История науки учит, что живые существа, как и все явления материального мира, представляют собой продукт естественно-исторического развития материи. Жизнь должна иметь свое историческое происхождение.

Изучая ископаемые остатки тех животных и растений, которые населяли Землю в давно прошедшие времена, многие миллионы лет назад, мы непосредственно можем убедиться, что в те времена живое население Земли было иным, чем сейчас, что, чем дальше в глубь веков, тем оно оказывается все более простым, менее разнообразным. Научная история органической природы, как известно, приводит к заключению, что современные нам растения и животные, в том числе и человек, произошли от более низко организованных, менее сложно устроенных живых существ, некогда населявших Землю. Но вместе с тем сейчас же неизбежно встает вопрос об источниках возникновения самых простых, самых первичных проявлений живой природы, родоначальников всего живого на Земле.

Естественно, опровергнув мнение о возможности зарождения независимого от конкретных условий развития материального мира, вместе с тем должно было объяснить переход от неживой материи к жизни, т. е. объяснить возникновение жизни.

В гениальных трудах Ф. Энгельса «Анти-Дюринг», «Диалектика природы», в его выдающихся обобщениях успехов

естествознания дана единственно верная, научная постановка и разработка вопроса о происхождении жизни. Энгельс определял и дальнейшие пути научных изысканий в этой области, по которым с успехом идет советская биология.

Энгельс отвергал как антинаучное мнение о возможности зарождения живого вне зависимости от условий развития природы, устанавливал единство живой и безжизненной природы. Используя научные доказательства, он рассматривал жизнь как продукт развития, как качественное преобразование материи, подготовленное исторически обусловленными и постепенно осуществлявшимися изменениями природы в период, предшествующий появлению жизни. Следует сказать, что одним из резких противников антинаучных мнений о самопроизвольном зарождении живого являлся еще в XVIII веке выдающийся русский естествоиспытатель и врач М. М. Тереховский, отстаивавший материалистическую линию в этом вопросе. Однако многие американские и западноевропейские ученые, находясь в плену антинаучных идей, и сейчас признают проблему возникновения жизни «проклятым, неразрешимым вопросом, недоступным для человеческого ума».

Такого рода безнадежное положение создалось в зарубежной биологической науке благодаря тому, что в ней еще и по сей день господствуют реакционные, идеалистические взгляды на жизнь, так блестяще разоблаченные Т. Д. Лысенко в его докладе «О положении в биологической науке» на августовской сессии (1948) Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина.

Положение вейсманизма о существовании особого «бессмертного», не изменяющегося в процессе жизни вещества (зародышевая плазма), которое якобы является носителем наследственности и других свойств живого вещества, извращает вопрос о возникновении жизни, ничего не решая в нем. Как говорил Т. Д. Лысенко, «мифическое наследственное вещество наделяется Вейсманом свойством непрерывного существования, не знающего развития и в то же время управляющего развитием тленного тела»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Степнографический отчет сессии ВАСХНИЛ, 1948, стр. 12.

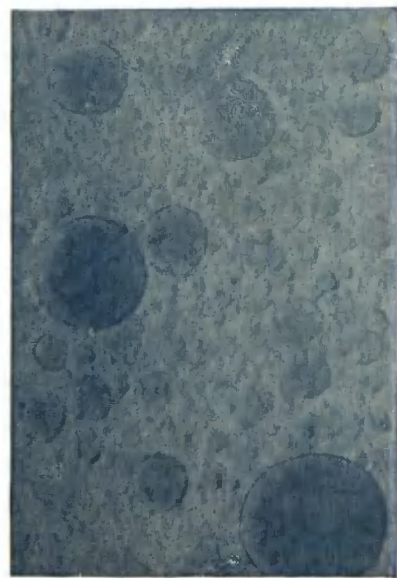
# КОАЦЕРВАТЫ



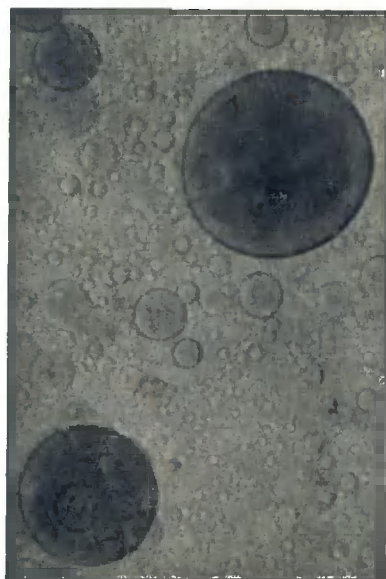
1



2



3



4

1. Коацерваты, образовавшиеся из гуммиарабика и желатина, окрашены в ровный, желтоватый цвет. 2. В водный раствор, в котором плавают коацерватные капли, введена метиленовая синь. Окружающий капли раствор окрасился в голубой цвет. Коацерваты не окрасились. 3—4. Коацерваты поглощали метиленовую синь. Они приобрели голубую окраску. Окружающий раствор стал почти бесцветным.

Морганистская «теория» гена, поддерживая мистику вейсманизма, придает генам решающую роль в способности организмов к самовоспроизведению — наследственности. С этой точки зрения, для того чтобы понять происхождение жизни нужно только объяснить, как возник первоначальный ген, этот для морганистов исходный элемент наследственности.

Большинство высказывающихся по этому вопросу зарубежных авторов (например, Девилье во Франции или Александер в Америке) подходит к нему с первого взгляда очень просто. По их мнению, генная молекула возникает чисто случайно, благодаря «счастливному» сочетанию атомов углерода, водорода, кислорода, азота и фосфора, которые «сами собой» сложились в чрезвычайно сложно построенную молекулу генного вещества, сразу же получившую все атрибуты жизни.

Но такого рода «счастливый случай» настолько исключителен и необычен, что он мог якобы осуществиться всего лишь раз за время существования Земли. В дальнейшем шло только постоянное размножение этой единожды возникшей, вечной и неизменной генной субстанции.

«Это «объяснение», конечно, ничего по существу не объясняет. Характерной особенностью всех без исключения живых существ является то, что их внутренняя организация чрезвычайно хорошо, совершенно приспособлена к осуществлению определенных жизненных явлений: питания, дыхания, роста и размножения в данных условиях существования. Как же в результате чистой случайности могла возникнуть эта внутренняя приспособленность, которая так характерна для всех, даже наипростейших живых форм?»

Отрицая закономерность процесса происхождения жизни, рассматривая это важнейшее в жизни нашей планеты событие как случайное, сторонники указанных взглядов ничего не могут ответить на этот вопрос и неизбежно скатываются к самым идеалистическим, мистическим представлениям о первичной творческой воле божества и об определенном плане создания жизни.

В качестве примера здесь можно привести книгу Шредингера: «Что такое жизнь с точки зрения физики?» В ней автор отстаивает морганистские представления о гене.

И когда он в конце книги подходит к вопросу о принципиальном отличии жизни, то ничего другого не может сделать, кроме как сослаться на господина бога, заявляя, что внутреннее строение живой материи есть совершеннейший шедевр «господней квантовой механики».

Правильный путь для решения разбираемой нами проблемы удалось найти только с позиций диалектико-материалистического взгляда на живую природу. С точки зрения диалектического материализма, жизнь материальна по своей природе, но она является особой формой движения материи, в основе которой лежит процесс обмена веществ, процесс созидания и разрушения, ассимиляции и диссимиляции, сочетание которых и обуславливает собой постоянное самообновление организма. Живое возникает как новое качество в процессе развития материи.

Согласно диалектическому материализму, материя никогда не остается в покое, она постоянно движется, развивается и в своем развитии поднимается на все более высокие ступени, приобретает все более и более сложные и совершенные формы движения. Поднимаясь с более низкой на более высокую ступень развития, материя приобретает новые качества, которые отсутствовали ранее. Жизнь и является таким новым качеством, которое возникает как определенный этап, как определенная ступень в историческом развитии материи. Из сказанного ясно, что основной путь, надежно ведущий нас к разрешению проблемы происхождения жизни, есть путь изучения истории развития материи. Это развитие и привело к возникновению нового качества, к возникновению жизни.

«Мы знаем, например,— писал товарищ Сталин в своем выдающемся труде «Анархизм или социализм?», — что земля некогда представляла раскалённую огненную массу, затем она постепенно остыла, затем возникли растения и животные, за развитием животного мира последовало появление определённого рода обезьян, и потом за всем этим последовало появление человека.

Так происходило в общем развитие природы»<sup>1</sup>.

Таким образом, чтобы представить себе, как произошла жизнь, мы должны просле-

<sup>1</sup> И. В. Сталин. Соч., т. 1, стр. 311.

дить ход превращения (развития) материи, начиная еще с тех времен, когда не только никакой жизни на Земле не существовало, но не было даже и самой нашей планеты.

Все без исключения живые существа построены из так называемых органических веществ, которые в настоящее время на Земле встречаются только в организмах или в их трупах, а также как продукты жизнедеятельности организмов. Органические вещества отличаются от неорганических тем, что в их основе лежит элемент углерод. В этом легко убедиться, нагревая материалы растительного или животного происхождения до высокой температуры. В этих условиях при отсутствии воздуха все эти материалы будут обугливаться и тем наглядно показывать, что в основе их лежит углерод. В состав органических веществ входят и другие элементы — водород, кислород, азот, сера, фосфор и т. д. Но все они в этих веществах группируются вокруг углерода, который является центральным, основным элементом. Поэтому при выяснении вопроса о развитии материи, которое привело к возникновению жизни, следует прежде всего обратиться к имеющимся в науке данным об углероде.

В каком виде, в форме каких соединений впервые появился углерод на земной поверхности? Чтобы в достаточной степени обоснованно ответить на этот вопрос, нам нужно ознакомиться с теми соединениями углерода, с которыми мы встречаемся на других небесных телах. Это позволит нам правильно подойти к решению вопроса о превращении углерода во время образования Земли и на первых стадиях развития нашей планеты.

Углерод присутствует не только на Земле, он чрезвычайно распространен во вселенной. При помощи спектроскопа мы можем установить, что углерод находится во всех без исключения звездах, но далеко не везде в одном и том же виде.

Наиболее горячие звезды имеют на своей поверхности чудовищную на наш земной взгляд температуру — более 20 тысяч градусов. При этой температуре не могут существовать никакие химические соединения. Материя находится там в сравнительно простой форме, в виде разрозненных мельчайших частиц, атомов, составляющих раскаленную атмосферу звезд.

Но если мы перейдем к звездам, температура поверхности которых значительно ниже, то здесь мы обнаружим метин, который представляет собой соединение одного атома углерода с одним атомом водорода.

Наше Солнце является звездой, температура поверхности которой равняется «всего лишь» 6 тысячам градусов. Поэтому в атмосфере Солнца мы открываем уже целый ряд химических соединений. В частности, углерод находится здесь в виде соединений не только с водородом (метин), но и с азотом (циан), и в виде дикарбона, в котором два атома углерода соединены между собой в одну молекулу. Это последнее соединение интересно для нас с той точки зрения, что оно показывает исключительную способность атомов углерода соединяться между собой даже при таких температурах, какие господствуют на поверхности Солнца.

Большой интерес для разрешения разбираемого нами вопроса представляет исследование атмосфер больших планет нашей солнечной системы. Как показали эти исследования, атмосфера Юпитера в значительной части состоит из аммиака и метана. Есть основание предполагать здесь наличие и других углеводородов. Но вследствие низкой температуры, господствующей на поверхности Юпитера (135° ниже нуля), эти углеводороды в главной своей массе находятся в жидком или твердом состоянии. Такого же рода соединения обнаруживаются и в атмосферах остальных больших планет.

Исключительное значение представляет изучение метеоритов — тех «небесных камней», которые время от времени падают на Землю из межпланетных пространств. Это единственные неземные тела, которые могут быть подвергнуты непосредственному химическому анализу и минералогическому исследованию. И по характеру входящих в них элементов, и по принципу своего строения метеориты тождественны наиболее глубинным зонам земной коры и центральному ядру нашей планеты. Легко понять, какое исключительное значение имеет изучение состава метеоритов для разрешения вопроса о формах первичных соединений, возникших при образовании Земли.

Углерод присутствует почти во всех метеоритах. Он находится в них или в самородном виде (например, в форме графита

или алмаза), или в соединении с металлами, в форме так называемых карбидов. Так, например, весьма распространенным в метеоритах карбидом является характерный для них минерал когениит, который представляет собой соединение углерода с железом, никелем и кобальтом. Наряду с этим во многих метеоритах было установлено наличие углерода в соединении с водородом, т. е. в виде углеводородов, которые, как уже упоминалось, присутствуют и на других небесных телах, на звездах и планетах.

Вся совокупность научных данных убеждает в том, что при возникновении и нашей планеты углерод появился на ней в форме тех же соединений, которые мы сейчас наблюдаем на других небесных телах.

В недавнее время академиком О. Ю. Шмидтом было развито представление, согласно которому Земля образовалась не из раскаленных газов солнечной атмосферы, как это думали раньше, а из холодного пылевого и газового материала. Солнце, проходя через метеоритный рой, увлекло в орбиту своего притяжения большое количество его вещества. Из этого вещества образовались отдельные узлы сгущения, из которых впоследствии возникли планеты. В этом случае основная масса углерода, вошедшая в состав формирующейся Земли, должна быть представлена в виде соединения углерода с металлами, в виде тех метеоритных когениитов, о которых говорилось выше.

Присутствие углеродного железа в составе центрального ядра современной Земли не подлежит никакому сомнению. В некоторых случаях удалось даже наблюдать выход этих карбидов на земную поверхность. Но сейчас эти соединения углерода отделены от нас такой мощной корой горных пород, что их появление на земной поверхности случается исключительно редко. Иначе дело обстоит в раннюю эпоху существования нашей планеты. В то время карбидные массы имели полную возможность постоянно взаимодействовать с лежащими на поверхности породами и даже входить в соприкосновение с тогдашней земной атмосферой.

Эта атмосфера существенно отличалась от современной. Современная атмосфера, тот воздух, который нас сейчас окружает, состоит в основном из свободного газообразного кислорода и азота. Но, как показал академик В. И. Вернадский, тогдашняя

атмосфера Земли не содержала в себе ни одного из этих газов. Вместе с тем она изобилвала водяными парами, с которыми входила в соприкосновение извергнутое на земную поверхность карбиды.

Что при этом произошло? Еще великий русский химик Д. И. Менделеев в свое время показал, что при взаимодействии карбидов с водой и водяными парами образуются соединения углерода и водорода, т. е. углеводороды, о которых мы уже говорили.

Следы этого грандиозного процесса образования углеводородов сохранились и до настоящего времени в атмосфере Юпитера и других больших планет. Но возникшие здесь углеводороды изменялись крайне медленно, оставаясь так сказать в замороженном состоянии вследствие царящего на поверхности больших планет холода. На земной поверхности первичные углеводороды не сохранились до наших дней, потому что они стали изменяться дальше и дали начало образованию сложных органических соединений. В первую очередь углеводороды стали соединяться с водяным паром земной атмосферы. В результате этого получились новые, более сложные вещества. Молекулы этих веществ были построены только из атомов двух элементов — из углерода и водорода. Но в воде, кроме водорода, содержится еще и кислород. Поэтому молекулы вновь возникших веществ уже содержали в себе атомы трех различных элементов — углерода, водорода и кислорода. Вскоре к ним присоединился еще четвертый — азот.

Как уже говорилось выше, в атмосфере Юпитера и других больших планет, наряду с углеводородами, обнаруживается и другой газ — аммиак, представляющий собой соединение азота с водородом. Этот газ в значительных количествах находился в атмосфере Земли в тот период ее существования, о котором идет речь. Поэтому углеводороды вступали в соединение не только с водяным паром, но и с аммиаком. При этом возникали вещества, молекулы которых были построены уже из четырех различных элементов — углерода, кислорода, водорода и азота.

Углеводороды и их производные таят в себе громадные химические возможности. Используя их как исходный материал, мы можем в наших лабораториях искусственно приготовить, синтезировать почти все те

сложные химические соединения, из которых построены тела животных и растений. Из углеводов и воды химик может создать жиры и сахар, нежнейшие краски и тончайшие ароматы цветов. Используя наряду с этим аммиак, он может построить разнообразные азотистые соединения, в том числе и подобные белкам вещества.

Но этого мало. В настоящее время удалось показать, что возникновение разнообразнейших органических соединений может происходить в очень простых условиях, при простом хранении водных растворов углеводов и их производных. Возьмем водный раствор этих веществ и оставим его стоять при обычной температуре в присутствии небольшого количества извести, солей железа и других неорганических веществ, которые, конечно, в изобилии находились в водах первородного океана. Останутся ли при этих условиях взятые нами вещества неизменными или они будут претерпевать химические превращения?

Непосредственный опыт показывает, что в такого рода растворах происходят настолько многочисленные и разнообразные превращения, что их даже трудно вкратце описать. Основное, общее направление этих превращений сводится к следующему: простые мелкие молекулы углеводов и их производных, состоящие из небольшого числа атомов, объединяются между собой самыми различными способами и образуют таким путем все более и более крупные и сложно построенные молекулы.

Для пояснения можно привести здесь несколько примеров. Еще в 1861 году наш знаменитый соотечественник химик А. М. Бутлеров показал, что если растворить формалин (молекула которого состоит из одного атома углерода, одного атома кислорода и двух атомов водорода) в известковой воде и оставить этот раствор стоять в теплом месте, то он через некоторое время приобретает сладкий вкус. Впоследствии оказалось, что при этих условиях шесть молекул формалина соединяются между собой в одну более крупную, более сложно построенную молекулу сахара.

Академик А. Н. Бах оставлял на длительное время стоять водный раствор формалина и цианистого калия. При этом образовывались еще более сложные вещества, чем у Бутлерова. Они состояли из громадных

молекул и по своему строению приближались к белкам, основному составному веществу всякого живого организма. Таких примеров можно привести немало. Они с несомненностью доказывают, что простейшие углеводороды и их производные в водной среде легко могут превращаться в гораздо более сложные соединения типа сахаров, белков и других органических веществ, из которых построены тела животных и растений. Зная химические свойства углеводов, мы можем довольно точно проследить судьбу тех первичных органических соединений, которые возникли на земной поверхности в результате взаимодействия карбидов с водяным паром. Внешние условия, которые создались в водах первородного океана к разбираемому моменту, не только могут быть нами представлены, но даже и воспроизведены в наших лабораториях. Отсюда ясно, что в любой точке тогдашнего океана в любой лагуне должны были образовываться те же сложные органические вещества, которые получались у Бутлерова, Баха или в других подобных опытах.

Медленно, но неуклонно вступали простые углеродистые соединения все в новые и новые химические взаимодействия, их частицы увеличивались и усложнялись. Появлялись органические вещества все более сложного строения, наделенные все более сложными свойствами. Так постепенно, в результате взаимодействия между водой и производными углеводов, путем ряда последовательных химических превращений в водах первородного океана сформировался тот материал, те сложные органические вещества, из которых в настоящее время построены все живые организмы.

Однако это был еще только материал для построения живых существ, в нем еще отсутствовала та специфическая форма организации, которая так характерна для жизни.

Согласно диалектическому материализму, познание жизни заключается в установлении ее качественного отличия от других форм материи, отличия, которое заставляет нас рассматривать жизнь как особую форму движения материи.

Наиболее ярко это отличие проявляется в обмене веществ. Любой организм живет, существует только до тех пор, пока он способен непрерывно ассимилировать все по-



вые и новые частицы вещества и связанную с ними энергию. Из окружающей внешней среды в организм поступают разнообразные химические соединения. Здесь они подвергаются глубоким изменениям и превращениям, в результате которых они превращаются в вещества самого организма, делаются подобными тем химическим соединениям, которые уже ранее входили в состав живого вещества. В этом состоит процесс ассимиляции. Но наряду с ассимиляцией идет и обратный процесс — диссимиляция. Вещества живого организма не остаются неизменными. Они более или менее быстро разлагаются, и на их место становится вновь ассимилированное соединение. Возникшие при разложении продукты распада выделяются во внешнюю среду. Таким образом, вещество живого организма никогда не остается неподвижным. Оно постоянно распадается и вновь возникает в результате многочисленных реакций разложения и синтеза, теснейшим образом переплетающихся между собой.

С чисто химической точки зрения обмен веществ представляется нам совокупностью большого числа отдельных, сравнительно простых реакций окисления, восстановления, гидролиза, альдольного уплотнения и т. д. Но специфическим для живой материи является то, что в протоплазме эти реакции определенным образом организованы во времени, сочетаются между собой в единую целостную систему. Они протекают здесь не случайно, не хаотически, а в строго определенной последовательности, в известном закономерном порядке. При этом, что особенно важно, что принципиально отличает живые организмы от всех систем неорганического мира, — это присущая жизни направленность, организованность, закономерность указанного выше порядка. Многие десятки и сотни тысяч химических реакций, совершающихся в живой протоплазме, не только строго согласованы между собой во времени, не только гармонично сочетаются в едином порядке, но и весь этот порядок закономерно обуславливает самообновление и самосохранение всей живой системы в целом, в данных условиях внешней среды.

Как же мог сложиться этот порядок в процессе становления жизни? Изучение протоплазмы современных живых существ показывает, что громадную роль в осуществлении

обмена веществ играют белки. Они не только сами претерпевают постоянные химические изменения, но и вовлекают в эти изменения другие вещества, входящие в состав протоплазмы. Исследования последних лет с несомненностью показывают, что любое вещество протоплазмы может реально участвовать в обмене веществ только вступив во взаимодействие с тем или иным специфическим белком, образовав с ним определенное комплексное соединение.

В силу этого то направление, в котором изменяется в обмене веществ любое органическое соединение протоплазмы, зависит не только от химических свойств этого соединения, но и от специфичности каталитического действия тех протоплазмальных белков (ферментов), которые вовлекают это соединение в общий обмен веществ.

Однако, благодаря чрезвычайно тонкой специфичности ферментных белков, каждый из них может катализировать только строго определенные индивидуальные реакции. Поэтому в осуществлении того или иного жизненного процесса, а тем более всего обмена веществ в целом участвуют сотни и тысячи индивидуальных белков-ферментов. Только в совокупности, в определенном сочетании своего действия они создают тот закономерный порядок явлений, который лежит в основе жизни.

Из сказанного следует, что для познания этого закономерного порядка, его направленности на самообновление и самосохранение живой системы, его глубокой согласованности с условиями окружающей среды, необходимо изучение целых комплексных надмолекулярных белковых систем в самом процессе их образования.

Изучение тех условий, которые создались в водах первичной земной гидросферы, показывает, что здесь, наряду с другими высокомолекулярными органическими веществами, должны были образоваться и белковоподобные соединения. Конечно, эти соединения еще не обладали теми специфическими качествами, которые присущи белкам современных организмов, но в них уже была ярко выражена тенденция к образованию комплексных систем все возрастающей сложности. Даже при простом смешивании растворов разнообразных белков или белковоподобных веществ их молекулы легко соединяются между собой в целые рой, комплексы

или агрегаты, которые, достигнув определенной величины, отслаиваются, выделяются из общего раствора в виде обнаруживаемых под микроскопом образований.

Например, если мы при определенных условиях смешаем между собой растворы желатины, яичного альбумина или тому подобных белков, то ранее прозрачные растворы замутятся и в них под микроскопом можно будет различить маленькие плавающие в воде, резко очерченные капельки — так называемые коацерваты.

Изучение коацерватов показывает, что при их образовании все ранее находившиеся в растворе белковые вещества сконцентрировались в коацерватных каплях, а в окружающей их среде белков почти не осталось. Несмотря на свою жидкую консистенцию, коацерватные капли обладают известным строением, им присуща некоторая организация, хотя и очень примитивная, но уже определяющая ряд свойств, характерных для этих надмолекулярных систем. В частности, очень ярко выражена у коацерватов способность улавливать (адсорбировать) различные вещества из окружающего их раствора. Эту способность очень легко продемонстрировать, добавляя к жидкости, в которой плавают капли, различные красители. При этом непосредственно можно видеть, как краска очень быстро из окружающего раствора переходит в коацерватную каплю. Аналогичное явление имеет место и в случае добавления других органических веществ к раствору, окружающему капли.

Нередко это явление усложняется еще и рядом химических превращений, идущих внутри коацервата. Уловленные каплей частицы вещества вступают в химическое взаимодействие с веществами самого коацервата. В результате этого капли могут разрастаться за счет адсорбированных ими из окружающего раствора веществ. Легко показать, что растворенные в водах первичного океана белковоподобные вещества рано или поздно обязательно должны были выделиться из раствора в виде коацерватных капель.

Возникновение коацерватов явилось очень важным шагом на пути становления жизни. До этого момента органическое вещество было равномерно распределено, растворено в водах первичных морей и океанов, неразрывно слито со своей средой. При образовании коацерватов молекулы разнообраз-

ных белковоподобных веществ концентрируются в определенных пунктах пространства, объединяются в комплексные системы надмолекулярного порядка, которые выделяются из окружающего раствора в форме видимых под микроскопом резко очерченных капель. Каждая такая капля существует как индивидуальное образование, обладающее своим специфическим строением и отделенное от окружающей внешней среды определенной границей — поверхностью раздела.

Только на основе такого выделения надмолекулярных систем, их противопоставления внешней окружающей среде могло создаться то противоречивое диалектическое единство организма и среды, которое явилось решающим фактором в процессе возникновения и развития жизни на Земле. Изучение сложных надмолекулярных белковых систем показывает, что в любой коацерватной капле одновременно могут осуществляться как процессы распада, так и процессы синтеза, идущие за счет веществ, адсорбированных каплю из внешнего раствора. Соотношение скоростей этих взаимоположных процессов зависит от индивидуальной организации данной капли и ее взаимодействия с условиями окружающей среды. Когда это взаимодействие обуславливает преобладание скорости синтеза над скоростью распада, капля приобретает характер динамически устойчивой системы. Она, несмотря на идущие в ней процессы распада, может длительное время существовать. В противоположном случае, при преобладании процессов распада, капля теряет свою динамическую устойчивость и ее индивидуальное существование должно рано или поздно прекратиться.

Таким образом, здесь, с одной стороны, выявляется известная связь между индивидуальным строением данной коацерватной капли и теми химическими превращениями, которые в ней совершаются; с другой, — делается понятным то, что характер этих химических превращений, соотношение их скоростей и их порядок могут иметь положительное или отрицательное значение в определении дальнейшей судьбы данной коацерватной капли в данных условиях существования. Из сказанного видно, как само образование индивидуальных надмолекулярных систем вызывает появление со-

вершено новых отношений, не приложимых к простому однородному раствору органических веществ.

Подобного же рода отношения должны были возникать и в первичной земной гидросфере, где образующиеся коацерватные капли плавали не просто в воде, а в растворе разнообразных органических и неорганических веществ. Они адсорбировали эти вещества и за их счет могли увеличиваться в объеме — расти. Однако это могло осуществляться только в отношении тех капель, индивидуальная организация которых приводила к созданию их динамической устойчивости в данных условиях внешней среды. Только такие коацерватные капли могли длительно существовать, расти и разделяться на «дочерние» образования. Любое происшедшее в организации коацерватных капель под воздействием внешней среды изменение сохранялось только в том случае, если оно удовлетворяло указанным выше условиям, если оно повышало динамическую устойчивость коацервата. Поэтому параллельно с увеличением количества организованного вещества, ростом коацерватных капель на земной поверхности все время происходило изменение качества самой их организации в совершенно определенном направлении, а именно — в направлении возникновения такого порядка химических процессов, который обеспечивал бы постоянное самовосстановление всей системы в целом.

Таким путем и создавалась та взаимосогласованность явлений, та приспособленность внутреннего строения к несению определенных жизненных функций в данных конкретных условиях существования, которая так характерна для организации всех живых существ. Сравнительное изучение обмена у современных нам простейших показывает, как на изложенной основе постепенно складывался тот высокоорганизованный обмен, который мы находим у населяющих сейчас землю организмов.

Так произошел тот диалектический «скачок», в результате которого на земной поверхности возникли простейшие живые существа.

Строение этих первичных простейших организмов было уже значительно совершеннее коацерватных капелек, но все же оно было несравненно проще даже самых простых из известных в настоящее время живых существ. Здесь еще отсутствовала

клеточная структура; эта структура возникла на значительно более поздней стадии развития жизни.

Мы можем судить об этом новом диалектическом «скачке» на основании опытов О. Б. Лепешинской, показавшей возможность возникновения клеток из неклеточного живого вещества.

Эти опыты коренным образом спровергают ложное утверждение Вирхова, что будто бы любая клетка может происходить только от клетки. Вместе с тем они открывают широкие перспективы для экспериментального изучения наиболее примитивных форм жизни.

Проходили годы, века, тысячелетия, и строение живых существ все более и более совершенствовалось, приспособляясь к тем условиям существования, в которых им приходилось жить. Они делались все более и более организованными. Вначале питанием для них служили только органические вещества. Но с течением времени количество этих веществ все уменьшалось, а потому первичные организмы должны были или погибнуть, или выработать в себе в процессе развития какой-нибудь способ строить органические вещества из материалов неорганической природы — из углекислоты и воды. Некоторым живым существам это действительно удалось. В процессе последовательного развития они выработали в себе способность поглощать энергию солнечного луча, за счет этой энергии восстанавливать углекислоту и из ее углерода строить в своем теле органические вещества. Таким образом возникли простейшие растения — синезеленые водоросли, остатки которых можно обнаружить в древнейших отложениях земной коры.

Другие живые существа сохранили прежний способ питания, но в качестве источника пищи им стали служить теперь водоросли, органические вещества которых они использовали. Так возник в своем первоначальном виде мир животных.

«На заре жизни», в результате длительных процессов усложнения живого, в начале так называемой эозойской эры, и растения, и животные представляли собой мельчайшие одноклеточные живые существа. Большим событием в истории последовательного развития природы было возникновение многоклеточных организмов. Живые организмы становились все сложнее и разнообразнее.

В течение эозойской эры, которая насчитывает многие миллионы лет, население Земли изменилось до неузнаваемости. Мощные водоросли заселили воды морей и океанов, в их зарослях появились многочисленные медузы, морские черви, иглокожие и моллюски. Жизнь вступила в новую эру, которая длилась сотни миллионов лет.

В начале этой эры единственной ареной жизни было еще только море, где развивались разнообразные водоросли и многочисленные морские животные. Однако во второй половине палеозойской эры растения и животные начинают быстро заселять сушу. В болотистых лесах каменноугольного периода вырастают гигантские хвощи, древовидные папоротники и плауны. Несколько позднее появляются хвойные деревья и цикадовые пальмы. Вместе с тем все многочисленнее и разнообразнее делается и животный мир суши. Появляются земноводные, а затем и пресмыкающиеся.

Следующая за палеозоем мезозойская эра, длившаяся также многие миллионы лет, явилась периодом расцвета пресмыкающихся.

Гигантские динозавры и игуанодонты владели сушей. В морях плавали плезиозавры и ихтиозавры, а в воздухе летали разнообразные птеродактили.

К концу мезозойской эры путем последовательного развития пресмыкающихся возникли птицы и млекопитающие. Их царством явилась последняя, кайнозойская, эра, которая продолжается и сейчас. Лишь в последнем, четвертичном периоде этой эры на Земле сформировался весь тот мир живых существ, который мы наблюдаем в настоящее время. К ней относится и появление человека.

\* \* \*

Мы проследили длинный путь того изменения материи, которое привело к возникновению жизни на Земле. Вначале мы видели углерод, рассеянный в виде отдельных атомов в раскаленной атмосфере звезд. Затем мы обнаружили его в составе тех углеводов, которые возникли на поверхности Земли.

Далее углеводороды превратились в их кислородные и азотистые производные, в простейшие органические вещества. В водах первородного океана эти вещества перешли в более сложные соединения, возникли белки и другие органические вещества. Так образовался тот материал, из которого построены тела животных и растений. Вначале этот материал находился в растворенном состоянии, затем он выделился в виде коацерватных капель. Первичные коацерватные капли были устроены сравнительно просто, но постепенно они приобретали все более и более сложное и совершенное строение и превратились, наконец, в первичные живые существа — родоначальников всего живого на Земле.

Успехи естествознания, раскрывающие закономерности возникновения и развития жизни, наносят все более сокрушающие удары по идеализму и метафизике, по всей реакционной идеологии империализма. Исторический путь и материальная природа возникновения жизни, процессы количественных изменений, ведущие к качественным изменениям, противоречия химического распада и созидания, а затем биологической ассимиляции и диссимиляции, закономерности возникновения жизни и ее развития на основе единства организма и среды — все это означает, что разрешение данного вопроса с новой силой свидетельствует о великой теоретической и методологической роли мировоззрения диалектического материализма для исследования самых глубоких проблем естествознания.

Сейчас, когда подробно изучена внутренняя организация живых существ, есть все основания считать, что мы сможем рано или поздно искусственно воспроизвести эту организацию и тем непосредственно показать, что жизнь есть не что иное, как особая форма существования материи. Успехи, которых за последнее время достигла советская биология, позволяют нам надеяться, что такое искусственное создание простейших живых существ не только возможно, но и будет осуществлено не в таком уже далеком будущем.

---

# ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛОВ

---

*Член-корреспондент Академии Наук СССР  
Н. В. Белов*



*Постановлением Совета Министров Союза ССР члену-корреспонденту Академии Наук СССР Н. В. Белову за научные труды по атомной структуре кристаллов присуждена Сталинская премия первой степени за 1951 год. В публикуемой статье автор рассказывает о сущности и значении проведенных исследований.*

В течение 15 лет рентгеноструктурная лаборатория Института кристаллографии Академии Наук СССР занимается исследованием атомной структуры кристаллов, в частности природных силикатов.

По существу, наши и аналогичные исследования стремятся построить химию силикатов. До последнего времени во всех курсах неорганической химии раздел кремния оставался белым пятном. Не существовало настоящих или менее развернутых структурных формул для самых обычных кремнекислородных соединений. Отсутствовали также какие-либо представления о реакциях между взаимодействующими силикатами, а между тем 95 процентов земной коры составляют именно силикаты.

Такое положение вызывается тем, что в химии и физической химии так называемые структурные формулы до последнего времени устанавливались на основании химических реакций, которые характерны для изучаемых соединений, а громадное большинство таких реакций возможно только в растворах. Поскольку же силикаты нерастворимы без разложения ни в каких растворителях, то существовавшие физико-хими-

ческие способы были неприменимы для построения структурных формул силикатов.

При помощи рентгеновых лучей все химические соединения вообще, а в частности и силикаты, можно исследовать без их разрушения, без перевода их в раствор, если только имеются хорошо образованные их кристаллы, пусть даже самых минимальных размеров. Более того, наилучшие объекты для рентгеноструктурного анализа должны иметь линейные размеры не больше 0,5 миллиметра.

Уже первые рентгеноструктурные работы выяснили основную причину того, почему силикаты плохо доступны обычным методам химического анализа. Оказалось, что силикаты, вообще говоря, построены по тому же основному принципу, что и самые обыкновенные химические соединения, вроде поваренной соли, селитры, соды, горькой соли и т. д., т. е. состоят не из молекул, но из ионов противоположного знака: положительных (катионов) и отрицательных (анионов). Но в то время как в обычных солях эти ионы являются либо отдельными атомами, например, катион натрия, катион магния, анион хлора, либо составлены из небольших групп атомов, на-

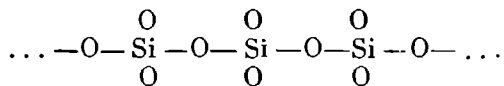
пример: анион серной кислоты  $[\text{SO}_4]^{-2}$ , анион азотной кислоты  $[\text{NO}_3]^{-1}$  и т. д., в силикатах, несмотря на кажущуюся простоту их формул, большая часть кремнекислородных анионов бесконечна: они простираются непрерывными цепочками или «скатертями» от одной грани отдельного кристалла до противоположного.

При размере монокристалла в 1 сантиметр между противоположными гранями укладывается около 30 миллионов атомов кремния и атомов кислорода. Бесконечные размеры анионов естественным образом объясняют, почему силикаты с таким трудом переходят даже в коллоидные растворы и, наоборот, почему их так трудно выкристаллизовать из расплава. Нормально силикатные расплавы застывают лишь в аморфную стеклоподобную массу.

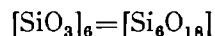
Первые научные работы по исследованию структуры силикатов, т. е. по установлению их развернутых химических формул, были выполнены в Англии в конце двадцатых годов. Результаты были получены всего лишь для полутора десятка силикатных соединений, причем показано, что во всех исследованных кремнекислородных соединениях атом кремния всегда расположен среди четырех атомов кислорода. Последние образуют правильный или почти правильный тетраэдр, в центре которого находится кремний. Только в «ортосиликатах», т. е. в таких силикатах, у которых в химической формуле число атомов кислорода превышает число атомов кремния в четыре или более раза, возможны самостоятельные группы или радикалы  $[\text{SiO}_4]^{-4}$  (гранаты, оливины). Если же отношение числа атомов кислорода к числу атомов кремния меньше четырех, то обязательный принцип нахождения каждого атома кремния среди четырех атомов кислорода может быть выдержан лишь таким образом, что часть кислородных атомов входит одновременно в два тетраэдра (вокруг двух атомов кремния).

Таким образом, в так называемых диортосиликатах (или «пиросиликатах») с формулой аниона  $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{-6}$  мы имеем спаренные тетраэдры: каждый тетраэдр имеет три «собственных» атома кислорода, а один атом кислорода принадлежит одновременно двум тетраэдрам. В «метасиликатах» с формулой аниона  $[\text{SiO}_3]^{-2}$  для того чтобы был выдержан принцип окружения каждого атома кремния

четырьмя атомами кислорода (при среднем количестве последних — 3 на 1 атом кремния), каждому атому кремния приходится довольствоваться двумя собственными атомами кислорода и двумя «на половинных началах». Как результат, в метасиликатах возникают цепочки из кремнекислородных тетраэдров



Такая цепочка из тетраэдров либо может замкнуться в тройное или шестерное кольцо, либо простирается «до бесконечности», т. е. от одной грани кристалла до противоположной. Шестерными кольцами с формулой



характеризуется структура изумруда. Менее благородная его разновидность — берилл является основным минеральным сырьем для получения ценнейшего металла — бериллия.

Громадное большинство метасиликатов характеризуется бесконечными цепочками из кремнекислородных тетраэдров, это так называемые пироксены, составляющие около 17 процентов земной коры.

При «диметасиликатном» отношении числа атомов кислорода к числу атомов кремния в анионной части силиката, а именно 5 : 2, кремнекислородные тетраэдры соединяются в бесконечные листы, характерные для слюд и им подобных пластинчатых силикатов. Наконец, при отношении чисел атомов кислорода и кремния, равном 2 : 1, легко видеть, что принцип окружения каждого атома кремния четырьмя атомами кислорода будет выдержан только в том случае, если каждый атом кислорода будет принадлежать одновременно двум атомам кремния. В результате мы приходим уже не к цепочкам (бесконечным в одном измерении) и не к листам (бесконечным в двух измерениях), а к «вязям» — каркасам, бесконечным во всех трех измерениях пространства. Такими каркасами характеризуются кварц и многочисленные полевые шпаты, которые составляют около 60 процентов земной коры.

В английских и небольшом числе американских работ (как сказано, при общем их числе не свыше двух десятков) было расшифровано несколько ортосиликатов и лишь

по одному примеру диортосиликата, силикатов с кольцами, с бесконечными цепочками, пластинчатых и каркасных. Оставалось неясным, имеем ли мы дело с отдельными частными случаями, или с более общими закономерностями. Было также неясно, участвуют ли в анионе все имеющиеся атомы кремния и все атомы кислорода, или и в химии силикатов возможны, как и в органической химии, самостоятельные группы более близко связанных между собою атомов, т. е. так называемые радикалы, которые могут переходить в результате реакций, происходящих в земных глубинах, из одного минерала в другой. Учение о таких группах, или «радикалах», было создано еще в начале 90-х годов прошлого века В. И. Вернадским и позволило ему существенно упростить минералогическую классификацию.

Наши работы прежде всего дали новые примеры кремнекислородных колец в природных минералах. Так, трехчленные кольца, помимо ранее известного редкого бенитоита, были найдены в характерном хибинском минерале катаплеите; шестичленные кольца, установленные Брэггом только в берилле-изумруде, были обнаружены нами также и в медном силикате — диоптазе. Далее нами было показано, что и при ортосиликатной формуле, т. е. при отношении чисел атомов кислорода и кремния 4:1, в анионном радикале могут участвовать не все атомы кислорода. Так, в ильваите при указанном отношении формула радикала —  $\text{Si}_2\text{O}_7$ , т. е. мы имеем диортосиликатные спаренные тетраэдры; восьмой атом кислорода в кремнекислородном радикале не участвует. Точно так же нами было показано, что в минерале рамзаите, в формуле которого указанное отношение равно 4,5 (т. е. даже больше 4), тем не менее радикал оказывается бесконечной цепочкой «метасиликатного» пироксенового типа с формулой  $[\text{SiO}_3]_\infty$ .

Таким образом, треть атомов кислорода в рамзаите не входит в кремнекислородный анион. На примерах ильваита и рамзаита доказывалось, что и в силикатах существуют радикалы, т. е. конкретные группы атомов, способные целиком переходить из одного минерала в другой.

Три известково-железных силиката: железный пироксен (геденбергит) ильваит и железный гранат (андрадит) в природе часто входят совместно, причем отношение их

количеств сильно зависит от глубины залегания и других внешних факторов. Оказалось, что они действительно характеризуются ступенчатым изменением структурных особенностей: в пироксене бесконечные цепочки из кремнекислородных тетраэдров, в гранате отдельные тетраэдры, а в ильваите — обрывки цепочек — спаренные тетраэдры.

Нами был открыт новый тип кремнекислородных колец: «двухэтажные», в которых двенадцать кремнекислородных тетраэдров располагаются шестерками в двух «этажах», но связь между верхней и нижней четверкой такова же, как и между тетраэдрами одного этажа. Сначала эти кольца были продемонстрированы в редком минерале — миларите, но затем было показано, что той же характерной особенностью — «двухэтажными» кольцами из 12 тетраэдров — обладает и структура хорошо известного минерала — турмалина, впервые полностью расшифрованного у нас.

Формулой такого двухэтажного анионного кольца будет  $[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}] = [\text{Si}_2\text{O}_5]_6$ , т. е. та же формула, которой характеризуется анион в слюде. Таким образом, «изомерия» анионов, раньше демонстрировавшаяся на примерах кольчатых и линейчатых (бесконечных) силикатов при формуле и тех и других  $[\text{SiO}_3]^{-2}$ , была нами продемонстрирована и для диметасиликатов — с формулой (для аниона)  $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{-2}$  (миларит с конечными кольчатыми анионами, слюды с бесконечными листами).

В работе «Кристаллохимия минерализаторов» были обоснованы установленные практикой методы облегчения кристаллизации силикатов при помощи введения в расплав так называемых минерализаторов, т. е. главным образом атомов фтора и гидроксильных групп. Было показано, что поскольку эти атомы и группы обладают объемом одинаковым с атомами кислорода при ионном заряде вдвое меньшем, то введение их в расплав позволяет уменьшить размеры кремнекислородных цепочек, беспорядочно переплетающихся в расплаве во всех направлениях, и тем самым делает такой расплав более способным к кристаллизации. Аналогичные соображения позволили вскрыть природу открытого академиком И. В. Гребенчиковым явления упрочнения поверхности стекол при процессах их мокрой шлифовки.



Значительная часть существующего фактического материала по строению силикатов и других минералов, в частности по характерным особенностям их совместного образования (явления двойникования, срастаний и т. д.) были сведены нами в единую стройную систему при помощи принципа плотнейшей упаковки. Наиболее полно развит этот принцип в нашей книге «Структура ионных кристаллов», продолжением которой являются «Очерки по структурной минералогии», печатавшиеся в Минералогических сборниках Львовского геологического общества.

Принцип плотнейшей упаковки стал теперь основным методом во всех советских лабораториях, занимающихся расшифровкой структуры кристаллов.

В таких работах исключительную роль играют, с одной стороны, кристаллографические основы тонкой структуры кристалла, сводящиеся к знаменитым 230 пространственным группам симметрии, установленным великим русским кристаллографом Е. С. Федоровым. Созданные 65 лет назад абстрактным путем, они представлены нами в наиболее удобном для практики виде в курсе университетских лекций, озаглавленном «Классный метод вывода пространственных групп симметрии».

С другой стороны, хотя рентгеноструктурный анализ принципиально является микроскопом, при помощи которого мы рассматриваем структуру кристалла, пока что

роль линз и прочих деталей этого микроскопа играют весьма сложные математические расчеты.

Ряд упрощающих эти расчеты формул, а также соответствующие номограммы приведены в ряде наших работ.

Наибольшее практическое применение наши работы имеют в минералогии и в других «каменных» науках. Как было указано, силикаты составляют 95 процентов земной коры, и без точного представления об их строении невозможны обоснованные поиски никакого полезного ископаемого.

Подтверждение этому мы видим из факта присуждения Сталинской премии еще два года назад львовскому профессору В. С. Соболеву за его книгу «Введение в минералогию силикатов», в которой наиболее полно использованы структурные изыскания как советских, так и передовых зарубежных авторов.

Структурные исследования силикатов имеют большое значение для производства цемента, керамики, огнеупоров и т. п. Рациональное изготовление и использование искусственных силикатных материалов возможно только на основании хорошо разработанной структурной химии силикатов. И мы с радостью увидели в числе Сталинских лауреатов этого года имя профессора Н. А. Торопова, особо удачно использовавшего структурные исследования в промышленности строительных материалов.



---

# ВЕЛИКИЙ УЧЕНЫЙ ЭПОХИ ВОЗРОЖДЕНИЯ

(К ПЯТИСОЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ)

---

*Профессор В. П. Зубов*



Характеризуя исторический период, начавшийся со второй половины XV столетия, период, когда были заложены основы современного естествознания, Фридрих Энгельс писал: «Это был величайший прогрессивный переворот из всех пережитых до того времени человечеством, эпоха, которая нуждалась в титанах и которая породила титанов по силе мысли, страсти и характеру, по многосторонности и учености»<sup>1</sup>. К числу этих титанов принадлежит Леонардо да Винчи. «Леонардо да Винчи был не только великим художником, но и великим математиком, механиком и инженером, которому обязаны важными открытиями самые разнообразные отрасли физики»<sup>2</sup>.

Великий итальянский художник и ученый родился в селении Анкиано, около городка Винчи, между Флоренцией и Пизой. Точная дата его рождения установлена лишь сравнительно недавно. В дневнике деда Леонардо сохранилась следующая запись: «1452 года родился у меня внук от сера Пьеро, моего сына, 15 апреля, в субботу, в 3 часа ночи. Получил имя Леонардо...» Так как счет ночных часов велся от захода солнца, то время рождения приходится примерно на 22 ч. 30 м. 14 апреля.

Леонардо был сыном зажиточного нотариуса, окончательно переселившегося со своей семьей из Винчи во Флоренцию в конце 1460-х годов. Во Флоренции сложились интересы будущего художника и ученого, здесь были накоплены его первые знания.

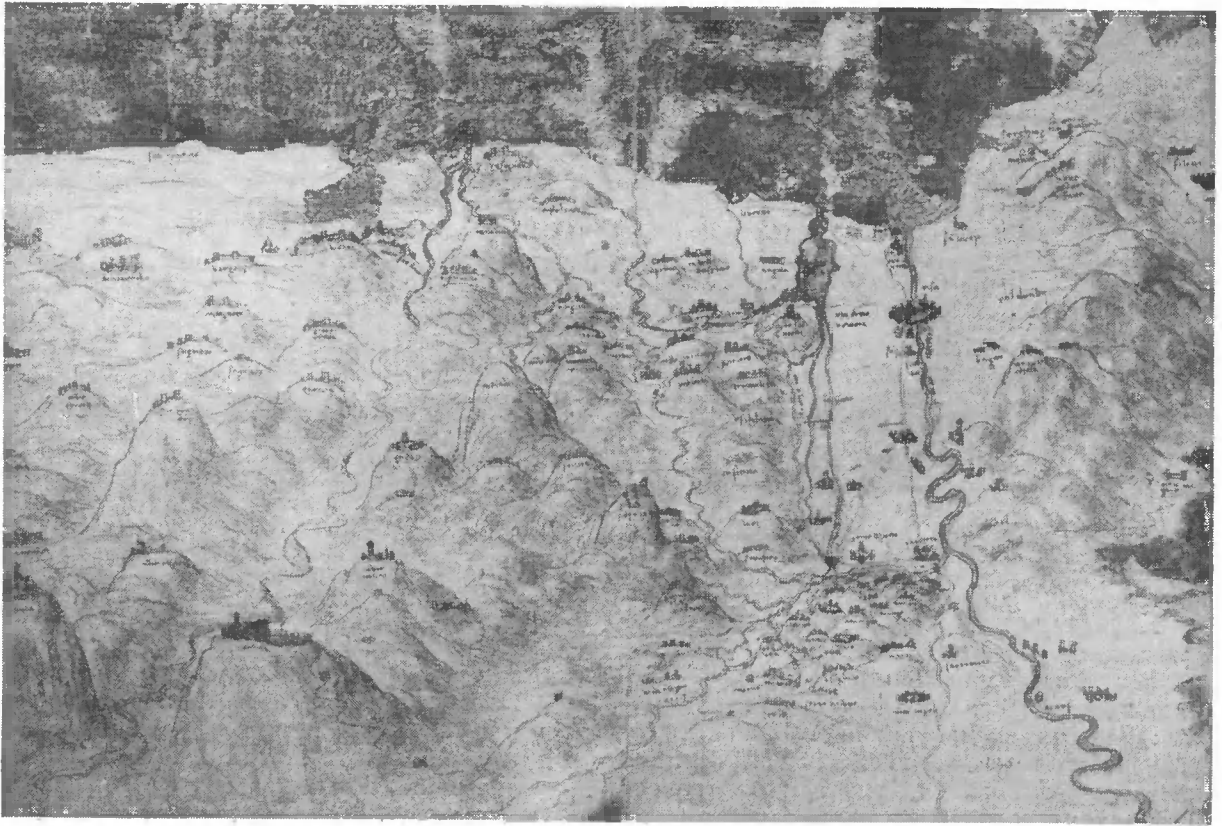
Флоренция была тогда большим промышленным городом, в котором получили широкое развитие различные отрасли техники. Мастерские ювелиров, живописцев, скульпторов стали своего рода лабораториями, где проводились разнообразные технические эксперименты. Потребность в сближении техники и науки становилась все более настойчивой. Показательна в этом отношении многолетняя дружба знаменитого скульптора и архитектора Филиппо Брунеллеско (1377—1446) с математиком, астрономом и медиком Паоло дель Поццо Тосканелли (1397—1482). По свидетельству Вазари<sup>1</sup>, Тосканелли обучал Брунеллеско математике. С другой стороны, хотя Филиппо и не был человеком книжным, он, благодаря природному дару практического опыта (*con il naturale della pratica esperienza*), «давал такие правильные объяснения, что нередко ставил того [Тосканелли.—В. З.] в тупик». Брунеллеско написал не дошедшие до нас трактаты по математике, механике,

---

<sup>1</sup> Фридрих Энгельс. Диалектика природы, Госполитиздат, 1950, стр. 4.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>1</sup> Дж. Вазари. Жизнеописания наиболее знаменитых живописцев, ваятелей и зодчих, 1933, т. I, стр. 267.



Карта Тосканы, составленная Леонардо да Винчи

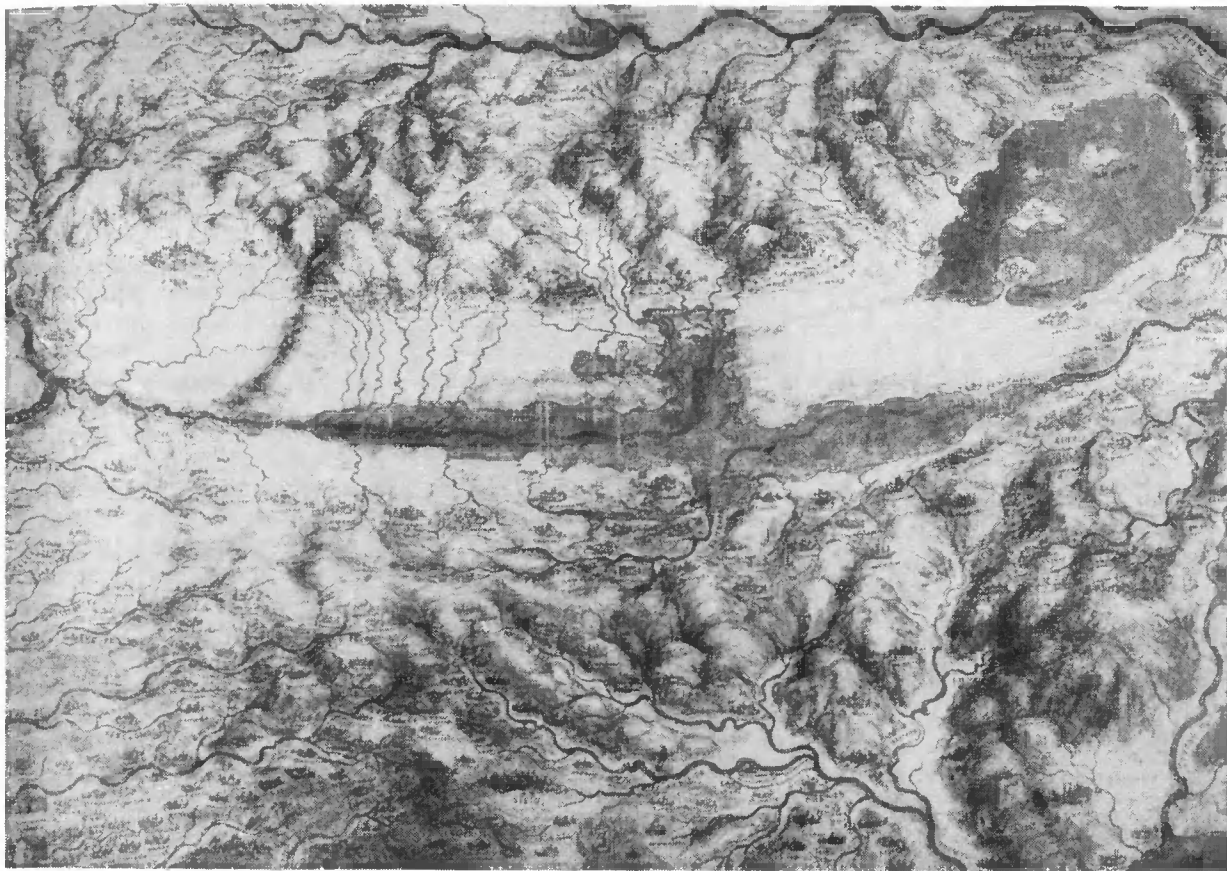
прикладной оптике. Вопросами теории занимался и современник Брунеллеско — скульптор Лоренцо Гиберти (1378—1455), автор знаменитых дверей флорентийского баптистерия. В написанном им труде Гиберти привлек вопросы математики, оптики, анатомии для решения практических задач изобразительного искусства. Таким же мастером-экспериментатором был учитель Леонардо Андреа Верроккьо (1436—1488) — ваятель, живописец, музыкант и ювелир. В его мастерской разрабатывались теоретические вопросы перспективы, совершенствовалась техника масляной живописи.

Другой художник, Антонио Поллайоло (1435—1498), мастерская которого находилась рядом с мастерской Верроккьо, производил рассечения трупов, чтобы изучить мускулы и суставы, ту область, которая была наименее изучена профессионалами-анатомами и в знании которой наиболее нуж-

дались художники, стремившиеся правдиво изобразить человеческое тело.

В общении с такими мастерами-экспериментаторами, наблюдателями, исследователями рос и развивался гений молодого Леонардо. Близость к Тосканелли еще более расширяла его горизонты. Под влиянием Тосканелли Леонардо, видимо, впервые заинтересовался вопросами астрономии и космографии. Ведь Тосканелли был не только другом Брунеллеско, но и советником Христофора Колумба. Письмо Тосканелли имело немалое влияние на решение Колумба отправиться в плавание по Атлантическому океану.

В 1472 году Леонардо кончил обучение у Верроккьо и был записан в цех флорентийских живописцев. Его интересы уже тогда не ограничивались живописью и простирались гораздо дальше — его влекло к естествознанию, к гидротехнике, к конструированию различного рода машин. Именно

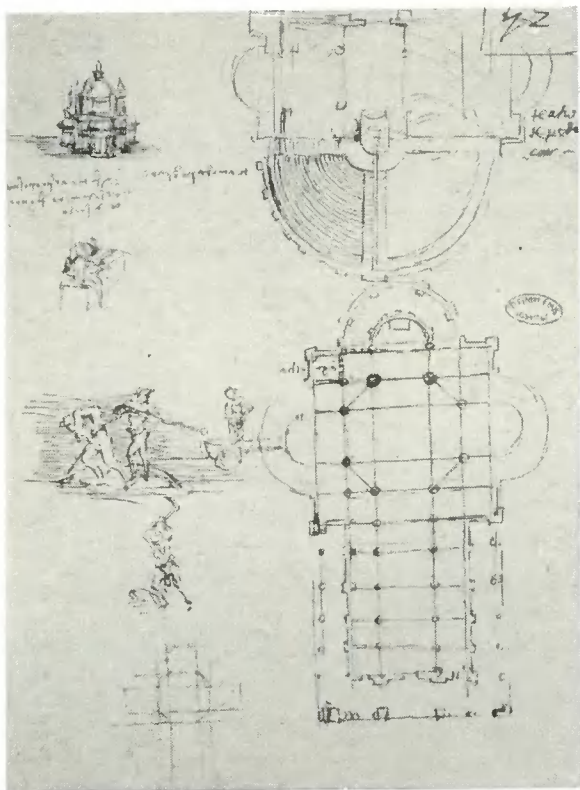


Карта центральной Италии, составленная Леонардо да Винчи

Флоренция дала Леонардо первый стимул к техническому творчеству. Этот город был центром текстильной промышленности. И не случайно поэтому Леонардо изобрел машины для прядения, кручения шелка, стрижки шерсти.

Тем не менее политические обстоятельства не благоприятствовали выдвижению Леонардо — техника и ученого. В 1469 году у власти стал Лоренцо Медичи, прозванный Великолепным. Род Медичи разбогател в XIV—XV веках путем торговых и банковских операций. Теперь Лоренцо мало уделял внимания поднятию промышленности и торговли. Окруженный блестящим двором, Лоренцо любил роскошь, блестящие и пышные празднества, парады, турниры. Он покровительствовал поэтам и философам, сам писал стихи. При нем расширилась Платоновская академия, в которой

культивировалась ставшая модной философия Платона и неоплатоников. В этой придворной ученой среде Леонардо должен был чувствовать себя чужим. Его рукописи содержат гневные строки, направленные против тех «гуманистов», которые в преклонении перед античными авторами отгородились от живой действительности и замкнулись в «огороженном саду» искусственной литературы, — против «трубачей и пересказчиков чужих произведений», чванных и напыщенных, гордящихся своим книжным образованием. «Хорошо знаю, — писал он, — что некоторым гордецам, потому что я не начитан, покажется, будто они вправе порицать меня, ссылаясь на то, что я человек без книжного образования... Скажут, что, не имея книжного образования, я не смогу хорошо сказать то, о чем хочу трактовать.



Архитектурные чертежи и зарисовки  
человеческих фигур

Не знают они, что мои предметы более, чем из чужих слов почерпнуты из опыта, который был наставником тех, кто хорошо писал...» (С. А., 119 об., а)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> При цитировании отрывков из рукописей Леонардо в скобках указываются общепринятые обозначения их, а именно: рукописи из собрания Французского института в Париже обозначаются буквами от А до М; обширный сборник, хранящийся в Милане и являющийся «Атлантом» среди прочих, — буквами С. А. (Codex Atlanticus); анатомические рукописи Виндзорской библиотеки — буквами W. An, с добавлением букв А или В, или римских цифр от I до VI. Далее: Leic — библиотека Лестера (по-английски — Leicester); V. U. — так называемый «Трактат о полете птиц», T. P. — «Трактат о живописи». Цифра означает лицевую сторону листа; оборотная сторона листа обозначается сокращением «об.» — после цифры. В некоторых рукописях на один лист наклеено несколько страничек, — они обозначаются добавочной буквой латинского алфавита: а, в, с, d. В «Трактате о живописи» указывается параграф. Публикуемые в настоящей статье рисунки взяты из рукописей Леонардо.

По давней средневековой традиции живопись не входила в число семи «свободных» или «благородных» искусств. Она причислялась к искусствам «механическим», т. е. стояла наряду с ремеслами, и живописцы тем самым не выделялись из среды прочих ремесленников. Леонардо горячо восставал против подобной оценки живописи. Живопись, по Леонардо, не «механическое ремесло», а «наука». Она — «законная дочь природы, ибо она порождена природой» (Т. Р., 12). Живопись основана на «благороднейшем» из чувств — зрении, которому Леонардо слагал восторженные дифирамбы. Живопись, как одно из высших средств познания, органически сливается с наукой, ибо и наука в конечном итоге основана на чувственном, зрительном познании окружающего мира.

Отсюда ясно, что Леонардо не мог удовлетвориться положением придворного живописца. Более того, Леонардо-изобретатель, Леонардо-техник не мог довольствоваться одним лишь созерцанием действительности. Его влекли деятельность, неустанное экспериментирование.

Взоры Леонардо обратились к Милану.

Милан в те времена был одним из богатейших городов Италии. С 1479 года у власти находился там Лодовико Сфорца, по прозвищу Моро. К его двору, как и ко двору Медичи, стекались поэты, писатели, ученые — «словно пчелы на мед», по выражению современника.

Но здесь большим весом, чем во Флоренции, пользовались математические и естественные науки, — сказывалась близость Павийского университета.

Около 1482 года Леонардо обратился к Лодовико Моро с письмом, в котором предложил свои услуги прежде всего в качестве военного инженера, а не живописца. Большое внимание, уделенное им именно военной инженерии, объясняется тем, что Милан в качестве союзника Феррары вел в эти годы войну с Венецией. Лишь в 10-м пункте своего письма Леонардо заявлял: «Во времена мира считаю себя способным никому не уступить, как архитектор, в проектировании зданий и общественных, и частных, и в проведении воды из одного места в другое. Так же буду я исполнять скульптуры из мрамора, бронзы и глины. Сходно и в живописи — все, что только можно, чтобы





ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ. Автопортрет.

поравняться со всяким другим, кто б он ни был» (С. А., 391а).

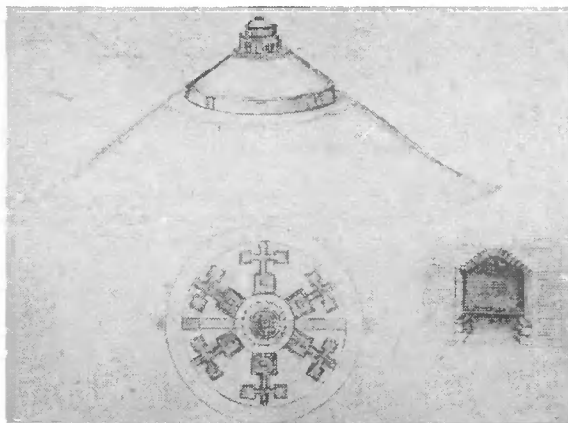
Так произошло переселение Леонардо в Милан, и начался богатый творческими событиями миланский период его жизни (1483—1499).

Леонардо выступает в Милане как военный инженер, архитектор, гидротехник, скульптор, живописец. Но характерно, что в документах этого периода он именуется сначала «инженером», а потом «художником».

Ученая атмосфера Милана более благоприятствовала математическим и естественно-научным занятиям, чем Флоренция с ее «гуманистическими», гуманитарными вкусами. В Милане Леонардо соприкоснулся с университетской наукой, с аристотелевскими научными традициями не в чисто схоластической средневековой форме, а с традициями, значительно обновленными под воздействием новых ренессансных веяний. В Милане жил в то время физик-филолог Джорджо Валла (1447—1500), автор обширной энциклопедии, прилежно изучавший тексты античных математиков, тексты Аристотеля и Галена. В Милане жил богатый юрист Фацио Кардано, отец знаменитого математика и медика. Он проявлял живой интерес к естествознанию, занимался изучением Эвклида, издал сочинение по оптике Джона Пекама. У Леонардо мы встречаемся с такой записью: «Попросить мессера Фацио показать тебе „О пропорциях“» (С. А., 225). В Милане жили сыновья медика, философа и математика Джованни Марлиани (ум. в 1483 г.). Они хранили рукописи своего отца, и Леонардо занес в свою тетрадь: «Алгебра, которая находится у семьи Марлиани и написана их отцом» (С. А., 225).

В Милане Леонардо сблизился, наконец, с Лука Пачоли, или, как он сам себя именовал, Лука ди Борго Сан Сеполькро (ок. 1445 — ок. 1514). Кроме «Суммы об арифметике», Пачоли написал книгу о так называемом «золотом сечении», интересовавшем художников и архитекторов того времени; Леонардо сделал для нее иллюстрации<sup>1</sup>.

В записных книжках Леонардо встречаются такие заметки: «Выучи умножение

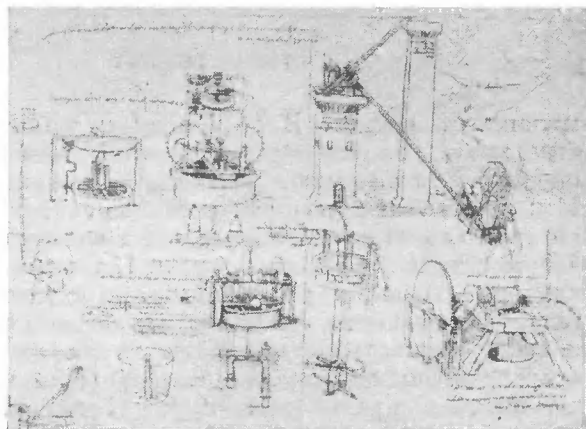


Проект мавзолея

корней у маэстро Луки» (С. А., 90 об.), «Попроси брата из Борго показать тебе книгу „О весах“» (С. А., 90 об.) «Из всех истинных наук,— утверждал Пачоли, ссылаясь на Аристотеля и Аверроэса,— наши математические науки наиболее истинны и имеют первую степень достоверности и им следуют все остальные естественные науки».

Эти слова Пачоли перекликаются с афоризмом Леонардо: «Никакой достоверности нет в науках там, где нельзя приложить ни одной из математических наук, и в том, что не имеет связи с математикой» (G, 36 об.).

В 1480 году, незадолго до переселения Леонардо в Милан, речь зашла о достройке



Эскизы машин, двигателей и различных приборов

<sup>1</sup> Напечатана в Венеции в 1509 году.





Этюды животных

миланского собора. В 1487 году к работе был привлечен Леонардо. На этой почве он сблизился с знаменитым зодчим Браманте. Как показывают его наброски и записи, он особенно интересовался в эти годы проблемами купольного перекрытия. К тому же периоду относится ряд заметок по строительной механике. Леонардо теоретически и экспериментально разрабатывает вопросы сопротивления материалов, являясь в этом отношении предшественником Галилея. В области гидротехники Леонардо разрабатывал проблемы орошения Ломеллины — бесплодной области около Милана, где нахо-

дились поместья Моро. Так же как и во Флоренции, Леонардо приходилось вместе с тем растрчивать свою техническую изобретательность на устройство пышных празднеств и тому подобных затей. Но и в этих случаях Леонардо не покидали глубокие мысли ученого-наблюдателя. Устройство вертящейся сцены давало повод к практической проверке законов механики, а организация состязаний на копыях — «джостр» — повод наблюдать механику человеческих движений<sup>1</sup>.

В качестве живописца Леонардо работал в миланский период над знаменитой «Тайной вечерей» для монастыря Санта Мариа делла Грациа. Известно, что в этой своей работе, как и во многих других, он производил эксперименты с красками, пагубно отразившиеся на сохранности произведения.

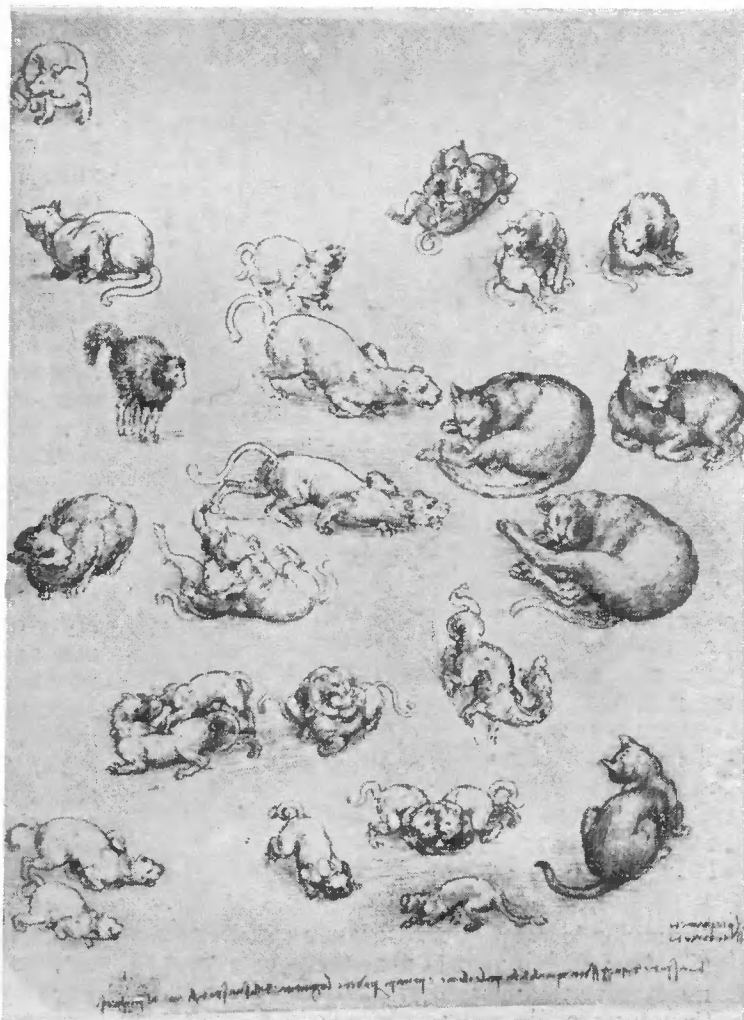
Трагедия творчества Леонардо — несоответствия между его грандиозными замыслами и реальными возможностями — особенно ярко иллюстрируется его многолетней работой над конной статуей Франческо Сфорца, отца Лодовико. При ее проектировании ему пришлось разрешать ряд сложных и разнообразных технических задач. Своему замыслу он придал грандиозные масштабы. В связи с этими работами стоит взволнованная запись: «Скажи мне, было ли когда-нибудь, скажи мне, было ли когда-нибудь сооружено что-либо подобное в Риме...» (С. А., 216 об.). На памятник должно было пойти 200 тысяч фунтов меди. Но работы все затягивались и затягивались как по вине самого Леонардо, наметавшего все новые варианты и новые эксперименты, так и в результате неблагоприятных политических условий. В 1493 году глиняная модель статуи была поставлена на городской площади, но самая статуя никогда не была отлита. Большая партия меди,

<sup>1</sup> «Тот, кто участвует в джострах, когда он берет копые за рукоять, перемещает центр своей тяжести к передней части коня» (А, 32 об.) и т. п.

предназначенная для отливки, была продана феррарскому герцогу, союзнику Милана, для изготовления артиллерийских орудий. В одном из своих просительных писем к Моро Леонардо писал: «О коне ничего не скажу, ибо знаю, какие нынче стоят времена» (С. А., 335 об.).

Миланский период жизни Леонардо закончился катастрофой. В результате непрерывных династических войн французские войска летом 1499 года вторглись в Миланскую область и осенью город был взят. Лаколическая запись Леонардо гласит: «Герцог потерял государство, имущество, свободу и ни одно из его дел не было им закончено» (L, обложка). Остались недоведенными до конца и наиболее крупные замыслы Леонардо. Глиняная модель конной статуи была расстреляна потехи ради гасконскими стрелками Людовика XII. В конце 1499 года Леонардо и его друг Лука Пачоли покинули Милан и через Мантую направились в Венецию.

В апреле 1500 года мы застаем Леонардо в его родном городе Флоренции. Начинается второй флорентийский период его жизни, продолжавшийся до середины 1506 года, если не считать краткого перерыва, когда Леонардо находился на службе у Чезаре Борджа. Лица, встречавшие Леонардо в начале этого периода и заинтересованные в его работе как живописца, жаловались, что усиленные занятия геометрией и «математическими экспериментами» отвлекли его от живописи настолько, что он «не может выносить кисти». Но для своих научных и технических начинаний Леонардо не мог найти точки приложения во Флоренции. Положение флорентийской промышленности к тому времени пошатнулось. Богатые флорентийские купцы и промышленники все более проявляли тенденцию вложить накопленные капиталы в землю. В среде флорентийской интеллигенции усиливались мистические, идеалистические течения. Мисти-



Этюды животных

ческой экзальтацией был охвачен Боттичелли; другой живописец, Фра Бартоломео делла Порта ушел в монастырь.

В Леонардо ожили старые мечты о больших гидротехнических начинаниях. Он проектировал осушение болот, углубление русла Арно, строительство каналов. «Урегулировать Арно сверху и внизу. Всякий, кто захочет, получит сокровища с каждой четвертины (staioro) земли» (С. А., 289). «Прато, Пистойя и Пиза вместе с Флоренцией получают ежегодный доход в 20 тысяч дукатов и предоставят для этой полезной цели рабочие руки и средства, точно так же и жители



Рисунок дерева

Лукки, ибо озеро Сесто станет судоходным» (С. А., 46). Но этот большой проект остался неосуществленным при жизни Леонардо. Самому же Леонардо пришлось в качестве консультанта участвовать лишь в одном начинании, вовсе не отвечавшем тем задачам, которые он себе ставил. В июле 1503 года решено было отвести Арно в другое русло, чтобы лишить воды осажденную Пизу: непокорные пизанцы вели тогда войну с Флоренцией. Однако работы проводились недолго, были брошены из-за дороговизны, а пизанцы засыпали вырытые рвы. Впоследствии Леонардо осудил тот метод действий «напролом», который был принят при этих работах: «Река, которая должна повернуть из одного места в другое, должна быть завлекаема, а не ожесточаема насильственно...» (Leic., 13).

Уже раньше, в Милане, Леонардо начал свои совершенно оригинальные изыскания

и эксперименты в области авиации. В этом он был всецело предоставлен самому себе, на свои опыты он не получал никакой субсидии меценатов. Столь же самостоятельно продолжал он их во Флоренции. На северо-восток от Фьезоле, в окрестностях Флоренции, находится Монте Чечеро — гора Лебеда. Отсюда, с Монте Чечеро, намеревался Леонардо совершить полет на сконструированном им приборе. Надеясь на эту именно гору, он писал: «Большая птица начнет первый полет со спины исполинского лебеда, наполняя вселенную изумлением, наполняя молвой о себе все писания, — вечная слава гнезду, где она родилась» (V. U., внутр. обл.).

Во время пребывания во Флоренции Леонардо да Винчи создал свой шедевр — «Джоконду». Много труда положил он на создание росписи для зала большого совета в Палаццо Веккио — правительственном здании Флорентийской республики. Но и здесь роковым оказалось для Леонардо его экспериментирование. «Задумав писать по стене масляными красками, — повествует Вазари, — составил он для подготовки стены смесь, однако такого грубого состава, что когда он принялся за живопись в упомянутом зале, то стала она отсыревать, и вскоре он прекратил работу, видя, что она портится»<sup>1</sup>.

Очень скоро после своего прибытия из Милана во Флоренцию Леонардо осознал, что здесь он не найдет широкого поприща для своей деятельности в области техники. Видимо, этим объясняется его поступление на службу к Чезаре Борджа, сыну папы Александра VI, занятому в те же годы покорением Романьи и прилегающих земель. На службе у Чезаре Борджа Леонардо пробыл с лета 1502 года до марта 1503 года. 18 августа 1502 года ему было поручено в качестве военного инженера осмотреть крепости и укрепления. Леонардо объездил большой район Средней Италии, от восточного побережья до западного. Путешествие имело огромное значение для Леонардо-ученого. С ним связаны наблюдения Леонардо над движениями морских волн, над рельефом Средней Италии, его глубокие размышления о геологическом прошлом земли. В этот период Леонардо составил ряд карт — они преследовали в первую очередь стратеги-

<sup>1</sup> Дж. Вазари, т. II, стр. 109.

ческие цели, но на деле они оказались документами огромного научного значения: наблюдательность ученого и гений художника слились здесь в одно органическое целое.

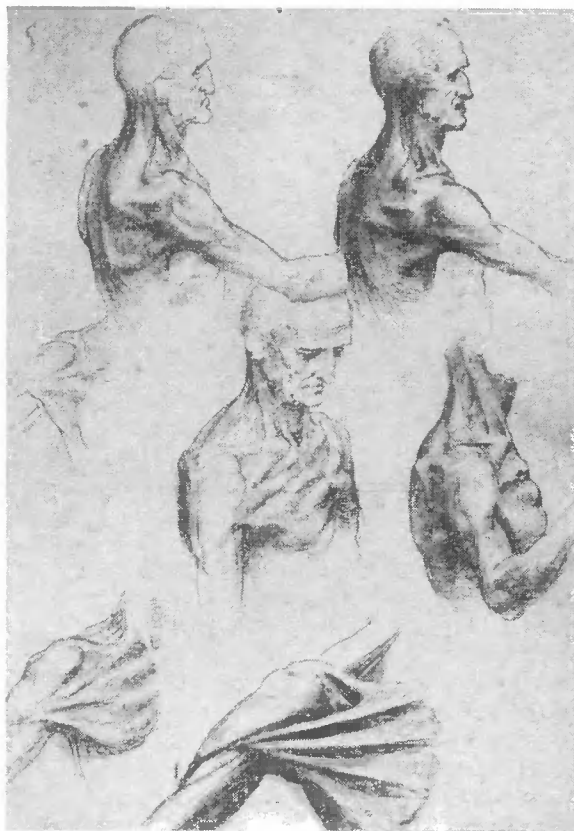
Служба у Цезаре Борджа была лишь кратковременным эпизодом в жизни Леонардо. Звезда Цезаре Борджа, этого хитрого и хищного авантюриста, стала быстро клониться к закату после смерти папы в августе 1503 года. Но уже раньше, в марте этого года, Леонардо вернулся во Флоренцию.

Родной город, как мы знаем, не дал Леонардо возможности развернуть широкую деятельность. С лета 1506 года начинается второй миланский период жизни Леонардо, продолжавшийся до осени 1513 года. Леонардо в эти годы несколько раз посещал Флоренцию, но основным его местопребыванием оставался Милан. Город находился в руках французов. О больших технических работах не приходилось и помышлять под чужеземным владычеством. Леонардо живет в Милане как прославленный живописец. Одновременно он успешно занимается анатомией, общаясь с Маркантонио делла Торре (ок. 1472—1512), падуанским ученым, переселившимся в 1506 году в Павию. 23 декабря 1512 года сын Лодовико Моро, Макдимилиан Сфорца, взял Милан, изгнав французов.

Началась новая полоса военных неурядиц, и в следующем году Леонардо сделал попытку переселиться в Рим.

Но в Риме он не мог надеяться на лучшее. На папский престол незадолго до того был избран под именем Льва X сын Лоренцо Медичи, Джованни. Льву X принадлежит изречение: «Будем наслаждаться папством, если бог его нам дал». Он окружил себя художниками и поэтами, но к Леонардо относился с недоверием. Когда Леонардо все же получил от папы небольшой заказ, то, по словам Вазари, принялся тотчас же растирать масла и травы для лака. Услышав об этом, папа сказал: «Увы, никогда ничего не сделает тот, кто начинает думать о конце работы, еще не начав ее»<sup>1</sup>.

Ближайшим «покровителем» Леонардо в Риме был брат папы, герцог Джулиано Медичи, увлекавшийся астрологией и алхимией. И у него, следовательно, не мог полу-



Страница из рукописи по анатомии

чить действительной поддержки в своих научных занятиях великий ученый, считавший алхимическое золото такой же нелепостью, как и *perpetuum mobile*. Более того, анатомические занятия Леонардо послужили поводом для клеветнических доносов, адресованных папе и директору госпиталя, откуда Леонардо получал трупы. Директор запретил ему диссекции.

Ни в родном городе, ни в Милане, ни в Риме на протяжении всей своей деятельности Леонардо не находил благоприятных условий для реализации своих обширных замыслов. Он окончил свою жизнь во Франции, куда переселился в 1516 году. Он приехал туда как прославленный художник, как «божественный» Леонардо. Художественная культура итальянского Ренессанса импонировала Франции. Леонардо стал законодателем мод при королевском дворе. Ему пришлось опять, как и в Италии,

<sup>1</sup> Дж. Вазари, т. II, стр. III.



Подготовительные наброски конных статуй

заниматься устройством пышных празднеств. В качестве архитектора он спроектировал новый дворец короля. Неуемная творческая энергия заставляла его и здесь лелеять широкие гидротехнические начинания, оставшиеся, как и большинство других, на бумаге. Страница с геометрическими определениями и расчетами (С. А., 249, а) датирована: «Июня 24, Иоаннов день 1518, в Амбуазе во дворце Сен-Клу». Умер Леонардо 2 мая следующего, 1519 года.

Энгельс назвал Леонардо титаном. По своему трагизму судьба Леонардо всего более напоминает судьбу сына титана, Прометея. Историческая обстановка сковывала его силы, не позволяла развернуться его широкому научному и техническому замыслу. «После того как революция мирового рынка с конца XV столетия уничтожила торговое преобладание Северной Италии, началось движение в обратном направлении. Рабо-

чие массами вытеснялись из городов в деревню»<sup>1</sup>.

Итальянская промышленность переживала мануфактурно-ремесленный период, когда машина играла еще второстепенную роль. Вот почему технические изобретения Леонардо, его машины — ткацкие, стригальные, прядильные, — не могли найти применения: они намного опередили свое время.

Хищные, корыстолюбивые и честолюбивые правители отдельных областей раздробленной Италии, беспринципные и неразборчивые в средствах, проявляли полное равнодушие к великому ученому. Леонардо — ученый и техник им нужен был прежде всего как военный инженер. Италия, раздираемая внутренними войнами, опустошаемая чужеземцами, сковывала Леонардо, лишала его возможности развернуть созидательную деятельность в области гидротехники, деятельность, которая обновила бы лицо страны, позволила бы получить «сокровище с каждой четвертины земли».

Под непосредственным впечатлением «жестокости века» написаны им суровые, полные горечи строки, озаглавленные «О человеческой жестокости» (С. А., 370). Они облечены в привычную для Леонардо форму «профетий» — пророчеств. Говоря в будущем времени о настоящем, Леонардо повествует о животных, которые появятся на земле и которые «всегда будут сражаться друг с другом с величайшим уроном и часто смертью для той и другой стороны...» «Они не будут знать предела в своей злобе, жестокие члены их тела обрушат на землю большую часть деревьев великих лесов вселенной; и когда они насытятся, тогда пищей для их желаний станут смерть, скорбь, мучения, страх, гонение всякого живого существа...» И Леонардо заканчивает отрывок отчаянным призывом: «О земля, почему ты не развернешься и не сбросишь их в глубокие трещины своих великих пропастей и недр, перестав являть небу чудовище столь жестокое и безжалостное».

Называя человека «чудовищем жестоким и безжалостным», Леонардо вместе с тем был проникнут чувством бесконечной ценности человеческой жизни. Подлинный гума-

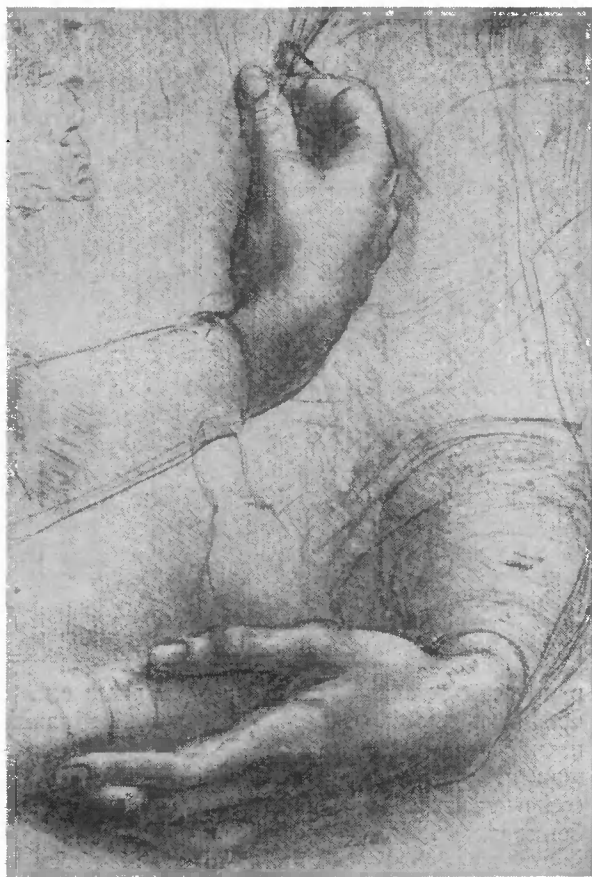
<sup>1</sup> К. Маркс. Капитал, т. I., Госполитиздат, 1951, стр. 721.



нист, не принадлежавший к числу тех «гуманистов»-словесников, которых он бичевал в гневных строках, Леонардо писал по поводу своих анатомических рисунков: «И ты, человек, рассматривающий в этом моем труде удивительные произведения природы, если ты решишь, что разрушить мой труд — дело преступное, подумай, что гораздо более преступно отнять жизнь у человека. И если это его строение тебе кажется удивительным произведением, подумай, что оно — ничто в сравнении с душой, которая обитает в этом здании. И поистине, какова бы эта душа ни была, предоставь ей жить в своем произведении как ей заблагорассудится и не стремись своим гневом и злобой разрушить такую жизнь, ибо поистине тот, кто ее не ценит, тот ее не заслуживает» (W. Ал. А, 2).

В рукописях Леонардо встречаются потрясающей силы описания, рисующие разрушительные действия природных стихий: опустошительные разливы и наводнения, бури, грозы. Пафос этих описаний скрывает глубокое чувство одиночества. Веря в силы человека, Леонардо вместе с тем сознает обреченность своих грандиозных технических замыслов: ждать поддержки не у кого. «Против этих вышедших из берегов рек бессильна всякая человеческая защита».

Такова та историческая среда, в которой жил и действовал Леонардо-ученый. Его научное наследие дошло до нас в виде многочисленных записных тетрадей и книг, содержащих отрывочные заметки по самым разнообразным вопросам, чертежи, зарисовки, наброски и законченные рисунки. В настоящее время они хранятся в разных городах — в Милане, Турине, Париже, Лондоне. Повидимому, значительное число рукописей Леонардо до нас не дошло. Хотя ни одна рукопись великого ученого не была издана в XVI и XVII веках, в ряде случаев можно проследить влияние отдельных научных идей Леонардо и даже прямое плагирирование их<sup>1</sup>. Но большинство крупнейших



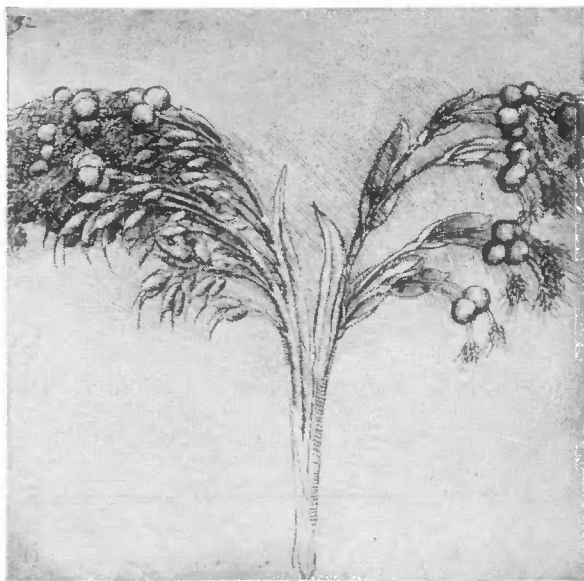
Этюды женских рук

научных открытий Леонардо осталось похороненным в его записях, и позднее они были сделаны заново. Научное и техническое творчество Леонардо в целом оставалось неизученным на протяжении столетий. Первый, кто обратил внимание на Леонардо-ученого, был моденский профессор Дж.-Б. Вентури (1797). Систематическое изучение и публикация научно-технического наследия Леонардо начались лишь со второй половины XIX века и были поистине международным делом.

В нем принимали участие, кроме итальянцев, французы, русские, норвежцы, англичане.

Чтение рукописей Леонардо представляет большие трудности. Они написаны зеркальным письмом, справа налево, и могут быть разобраны только в зеркале. Чтобы еще более засекретить свои открытия, Леонардо

<sup>1</sup> В XVI—XVII веках были сделаны два свода отрывков из некоторых рукописей Леонардо. Первый из них, относящийся к середине XVI века, получил наиболее широкую известность под названием «Трактата о живописи» (Первое печатное издание — Париж, 1651). Второй сделан в 1643 году и носит заглавие «Трактат о движении и измерении воды».



Этюд растения

в известных случаях писал отдельные слова обычным письмом. Орфография своеобразна и нередко передает особенности произношения, как бы записывает живую речь «на пленку» со всеми ее фонетическими особенностями. Рукописи Леонардо приходится поэтому буквально расшифровывать.<sup>1</sup>

Читая рукописи Леонардо, мы как бы присутствуем при самом процессе научного творчества: Леонардо мыслит во время самого писания, пишет не оглядываясь, пред-

<sup>1</sup> У нас в Советском Союзе первое издание избранных произведений Леонардо да Винчи на русском языке вышло в 2 томах в 1935 году. Примерно в те же годы вышел полный русский перевод «Трактата о живописи» (М. 1934). Одна из сторон разнообразного технического творчества Леонардо тщательно и оригинально исследована в труде Р. А. Орбели «Леонардо да Винчи и его работы по изысканию способов подводного плавания и спусков» (см. сборник его статей: «Исследования и изыскания», М.—Л., 1947, стр. 143—189). В настоящее время в серии «Классики науки» готовится новое издание избранных естественно-научных произведений Леонардо. Из более ранней литературы на русском языке нельзя обойти молчанием доклад А. Г. Столетова «Леонардо да Винчи, как естественный испытатель» (впервые напечатан в 1896 году, вошел в Собр. соч., т. II, М.—Л., 1941, стр. 341—368). Не касаясь здесь русской литературы о Леонардо-художнике, насчитывающей целый ряд оригинальных исследований.

ложение лепится к предложению, он часто забывает о согласовании, повторяет уже написанные слова или обрывает нить аргументов пометкой: «falso». Чертеж или рисунок влетает в текст и подчас текст — лишь пояснение к рисунку, растворяется в рисунке, а доказательство сводится к внимательному разглядыванию чертежа, причем Леонардо ничуть и не заботится о строгости словесной формулировки. Его заметки — не чеканные законченные афоризмы и не безусловно сформулированные теоремы. Можно скорее сказать, что мы присутствуем при рождении теоремы, воочию видим все искания и блуждания автора.

Записки и заметки Леонардо — не только плод самостоятельных изысканий художника и ученого, но и след его разнообразных чтений. Они свидетельствуют, что круг чтения великого ученого был весьма широк и разнообразен. Леонардо читал из древних — Аристотеля, Клеомена, Птолемея, Страбона, Архимеда, Герона, Эвклида, Галена, Витрувия и Плиния. Ему хорошо были известны средневековые трактаты по механике и оптике. Довольно многочисленны упоминания о средневековых ученых Востока, в частности об Ибн Сине (Авиценне). «Попробуй перевести Авиценну», — читаем в одной из таких записей (*W. Al.*, I, 13). Упомянем, наконец, отдельно о соотечественниках Леонардо — Брунетто Латини, Биаджо Пелакани, Леон-Баттиста Альберти. Не менее многочисленны сведения, полученные путем расспросов сведущих людей по самым различным отраслям науки и техники. Никколо да Форцоре рассказывает ему о плотинах Фландрии (*Leic.*, 13), ученый Пьетро Монти — о «способах пускать стрелы» (I, 120 об.).

И здесь же Леонардо записывает для памяти: «Найди мастера по водным сооружениям и заставь рассказать о средствах защиты против воды и что они стоят» (*C. A.*, 225).

Однако эта фрагментарность, до известной степени хаотичность заметок не лишает научного творчества Леонардо огромной цельности и целеустремленности. Перед глазами Леонардо был строго продуманный идеал «истинной науки», той, «которую опыт заставил пройти сквозь чувства», (*T. P.*, 33), ибо «мысленные вещи, не прошедшие через ощущение, пусты и не порож-



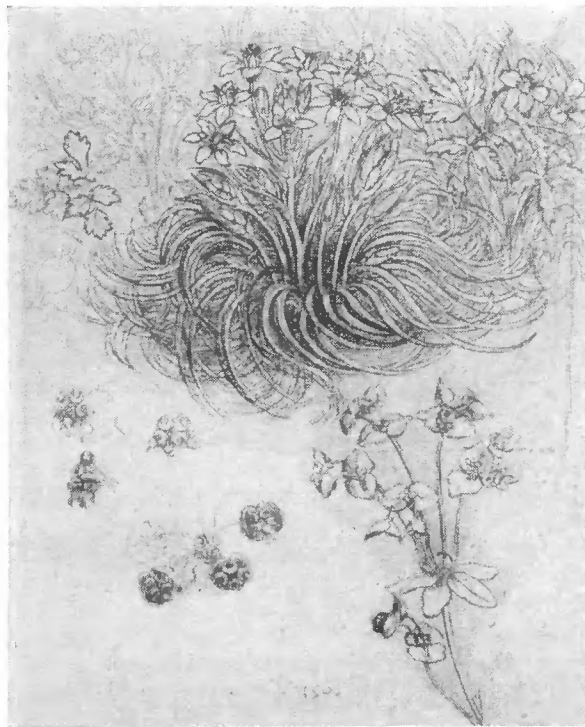
дают никакой истины, а разве только вымыслы» (*W. An.*, I, 13). Похвала живописи, похвала «глазу» наиболее ярко выражает это убеждение Леонардо. Весьма показательно сравнение живописца с зеркалом, которое отражает окружающую действительность. То же требование предъявлял Леонардо и к ученому. Такое отражение не есть одно лишь пассивное отражение единичного предмета, вне связи с остальными. Ведь неправ живописец, «бессмысленно срисовывающий», — он «подобен зеркалу, которое подражает всем противопоставленным ему предметам, не обладая знанием их» (*C. A.*, 76).

Точно так же и задача ученого — не простая регистрация фактов, а умение разобраться в показаниях опыта, который «никогда не ошибается», но который нередко истолковывается неправильно в наших суждениях. «Мое намерение привести сначала опыт, — писал Леонардо, — а затем посредством рассуждения доказать, почему данный опыт вынужден протекать именно так. И в этом истинное правило того, как должны поступать изыскатели естественных действий» (*E.*, 55).

Идеалом доказательной теории были для Леонардо математические науки. «Здесь не будут возражать, что дважды три больше или меньше шести, или что в треугольнике углы меньше двух прямых углов, но всякое возражение оказывается разрушенным, приведенное к вечному молчанию» (*T. P.*, 33). Математика Леонардо принадлежит тому периоду, когда переменная величина еще не стала кардинальным понятием этой науки. Математическое познание для Леонардо было прежде всего опытным познанием пропорциональных соотношений между отдельными явлениями, ибо «пропорция обретается не только в числах и мерах, но также в звуках, тяжестих, временах и положениях и в любой силе, какая бы она ни была» (*K.*, 49). Вот почему Леонардо стремился измерить и сосчитать то, что не умели измерять и считать люди средневековья. Он стремился экспериментально измерить силу света, предвосхищая фотометрические исследования XVIII века, измерить изменение интенсивности цвета в зависимости от изменения расстояния, придумывал и описывал приборы для измерения скорости ветра, пути, пройденного путником, повозкой, кораблем, при-

боры для измерения влажности воздуха и т. д.

Плоды книжного чтения и сведения, полученные путем расспросов сведущих людей, неизменно дополнялись и проверялись Леонардо на опыте. Характеризуя состояние науки и производства во времена Леонардо, Энгельс писал: «Когда после темной ночи средневековья вдруг вновь возрождаются с неожиданной силой науки, начинающие развиваться с чудесной быстротой, то этим чудом мы опять-таки обязаны производству. Во-первых, со времени крестовых походов промышленность колоссально развилась и вызвала к жизни массу новых механических (ткачество, часовое дело, мельницы), химических (красильное дело, металлургия, алкоголь) и физических фактов (очки), которые доставили не только огромный материал для наблюдений, но также и совершенно иные, чем раньше, средства для экспериментирования и позволили сконструировать новые инструменты. Можно сказать, что собственно систематическая экспериментальная нау-

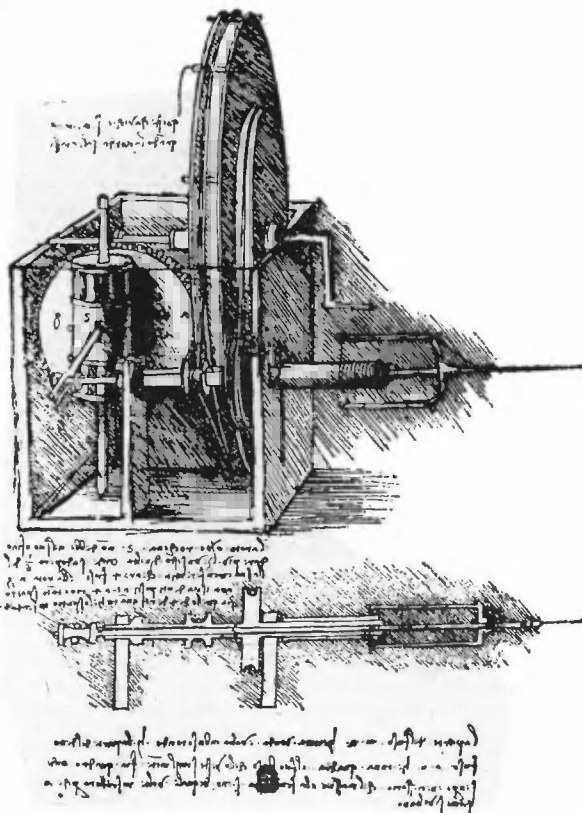


Этюды растений

ка стала возможной лишь с этого времени»<sup>1</sup>.

Ренессанс получил от средневековья именно факты, не научную систему. На очереди стояло обобщение этих фактов. И в этом отношении записные книжки Леонардо качественно отличаются от тех немногочисленных записных книжек мастеров средневековья, которые нам известны. Если Леонардо упрекал живописцев, механически и пассивно, без разбора копирующих природу, то этот же упрек его сохранял силу и в отношении слепой практики техников, не испытывавших потребности опереться на широкие обобщения науки. «Увлекающиеся практикой без науки,— писал он,— словно кормчий, ступающий на корабль без руля и компаса; он никогда не уверен, куда плывет» (G, 8).

<sup>1</sup> Фридрих Энгельс. Диалектика природы, стр. 145—146.



Проект прятки

С другой стороны, если Леонардо и читал внимательно античные и средневековые научные трактаты, то следует помнить, что ни один автор средневековых трактатов по механике не ставил тех широких экспериментальных задач, которые ставил он. Падение тел, полет стрелы и артиллерийского ядра, полет птиц — закономерности всех этих явлений Леонардо пытался проверить на опыте путем тщательных наблюдений или заранее продуманных экспериментов. Леонардо-инженер намечает и частично проводит серию экспериментов в таких областях механики, как учение о рычаге, учение об ударе, теория сопротивления материалов, в такой новой области, как теория трения,— задолго до Амонтона (1699) и Кулона (1781). Характерно, что Леонардо пытался применить эксперимент и в области изучения живой природы. В одной из его кратких записей (W. An. V, 24) читаем: «Лягушка тотчас же умирает, если проколоть ее спинной мозг, хотя до того она жила без головы, сердца и каких бы то ни было внутренностей и кожи. И потому кажется, что здесь находится основание движения и жизни». Пусть вывод неверен — он знаменует начало новой экспериментальной эпохи.

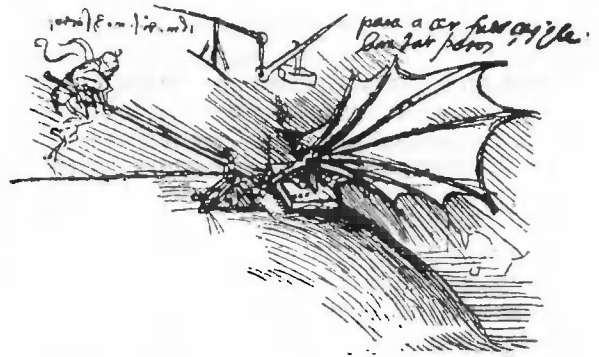
Леонардо строит широкие обобщения, сопоставляя отраженные движения, отражение света и звука. Он сопоставляет распространение волн на воде с распространением того же света и звука. И наряду с тем изощренный глаз живописца подмечает все новые несходства и новые различия в конкретных явлениях природы.

Описывая особенности растений, Леонардо не ограничивается тем, что необходимо живописцу для их правдивого изображения. Он устанавливает основные типы листорасположения задолго до того, как законами филлотаксиса занялся Броун (1658). Точно так же в анатомии Леонардо не ограничивает себя кругом вопросов, интересующих живописца; с тонкой наблюдательностью художника он улавливает строение тех частей, которые абсолютно не нужны живописцу, и воспроизводит их в своих рисунках. Его анатомические рисунки почти всегда синтетичны, суммируют множество разновременных наблюдений. Это — не разрозненные моментальные фотографии, а части большого целого. Недаром Леонардо за-

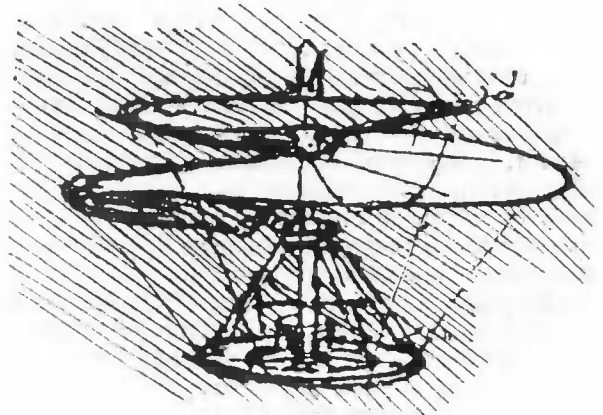
мышлял начать свой большой анатомический труд с зачатия человека, проследив последовательный рост организма, стадии его развития. Изучавший с таким вниманием вопросы геометрической оптики и законы зрительного восприятия, Леонардо сопоставлял орган зрения человека с органами зрения животных, например, глаз человека и глаз льва (*W. Ал. В, 13*). «Изобрази здесь, — писал он (*W. Ал. А, 17*), — ноги медведя и обезьяны и других животных, с тем, чем они отличаются от ноги человека, и также помести ноги какой-нибудь птицы».

Формирование науки протекало в атмосфере упорной борьбы нового с отживающим. Энгельс назвал бессмертное произведение Коперника «декларацией независимости»<sup>1</sup> естествознания. В этом труде, по его выражению, Коперник дал «отставку теологии»<sup>2</sup>. В научном творчестве Леонардо проступают весьма ярко те же антисредневековые, светские черты. Леонардо предоставляет определять природу души во всех ее особенностях «уму братьев, отцов народных, которые папством ведают все тайны» (*W. Ал. В, 8*). Леонардо пишет бичующие строки против индульгенций — «торговли раем». Он говорит об иконах: «Будет просить милости у, тех, имея уши, не слышат, будут светить тем, кто слепы» (*С. А., 370*). Решая вопрос о том, как могли остатки морских животных оказаться на вершинах высоких гор, вдали от моря, Леонардо не только подвергает сомнению библейскую легенду о всемирном потопе, но и явно смеется над автором библии, который «вымерил» высоту вод и «исчислил» продолжительность потопа<sup>3</sup>.

В писаниях Леонардо снимается средневековая граница между земным и небесным, ясно и точно формулируется тот принцип единства вселенной и ее законов, о котором позднее восторженно заговорит великий мученик науки Джордано Бруно. «Вся речь твоя должна привести к заключению, что земля — звезда, почти подобная луне» (*F, 56*). Леонардо пытался объяс-



Проект крыльев летательного аппарата



Эскиз геликоптера

нить отраженный свет луны физическими законами, действующими на земле. Дело не в правильности его объяснений, дело в принципе, в той смелости, с которой он распространял физические законы, действующие на земле, на царство «небесного эфира», качественно отличного от земных стихий по средневековым представлениям. Земля перестает быть для Леонардо центром вселенной. «Земля не в центре солнечного круга и не в центре мира, а в центре стихий своих, ей близких и с ней соединенных, и кто стал бы на луне, когда она вместе с Солнцем над нами, тому эта наша Земля со стихией воды представлялась бы играющей ту же роль, какую играет Луна по отношению к нам» (*F, 41 об.*). И, переключаясь со своим младшим современником, гениальным Коперником, Леонардо пишет на одном из листов (*W. Ал. V, 25*) отдельной строчкой, более крупным почерком, многозначительные слова: «Солнце не движется».

<sup>1</sup> Фридрих Энгельс. Диалектика природы, стр. 153.

<sup>2</sup> Там же, стр. 7.

<sup>3</sup> «Я отвечу тебе, поскольку ты веришь, что воды потопа превзошли высочайшую гору на 7 локтей, как написал тот, кто их вымерил...». «... в 40 дней, как сказал тот, кто исчислил это время» (*Leic, 8 об.*).

Чем больше мы углубляемся в изучение научного наследия Леонардо, тем более поражаемся величию гения, неистощимой изобретательности этого человека. Леонардо да Винчи — великий сын итальянского народа — замечательный художник и неутомимый ученый, философ-материалист — воплотил в своих трудах наиболее передовые стремления и взгляды своего времени. Между тем, начиная с первых годов XX века в буржуазной литературе все отчетливее проявляется тенденция развенчать Леонардо и умалить его научные заслуги.

Буржуазия на стадии империализма cynично отказывается от величайших достижений прошлого. В ее интересах доказать, что наука развивалась без потрясений, под сенью средневековой церкви, ей становятся ненавистны действительные революционеры в науке, борцы за свободу мысли, разрушители вековых авторитетов. Концепция Возрождения как нового передового этапа в истории Европы подвергается яростным атакам современных буржуазных историков науки и искусства.

Народы Советского Союза, стоящие в авангарде борьбы за мир, культуру и прогресс, глубоко чтут память великих деятелей прошлого, носителей передовых идей, творцов подлинной человеческой культуры.

Великий русский ученый И. П. Павлов незадолго до смерти так охарактеризовал эпоху, в которую жил и творил Леонардо да Винчи. «Прорвавшейся страстью дышит период, недаром названный эпохой Возрождения,

период начала свободного искусства и свободной исследовательской мысли в новейшей истории человечества. Приобщение к этой страсти всегда останется могучим толчком для теперешней художественной и исследовательской работы. Вот почему художественные и научные произведения этого периода должны быть постоянно перед глазами теперешних поколений и, что касается науки, в доступной для широкого пользования форме, т. е. на родном языке»<sup>1</sup>.

Живой и горячий отклик нашло в нашей стране обращение председателя Всемирного Совета Мира Жолио-Кюри. «У народов есть общее достояние, — пишет Жолио-Кюри, — каким являются великие произведения науки, литературы и искусства, сохраняющие в течение веков отпечаток гения. Это культурное наследие является для человечества неиссякаемым источником. Оно позволяет людям различных эпох узнавать друг друга, улавливать в настоящем связывающую их нить. Оно открывает перед ними перспективы всеобщего согласия и понимания. Оно ежеминутно утверждает в них веру в человека в момент, когда более чем когда-либо необходимо взаимопонимание». Художественное и научное наследие великого итальянского гуманиста Леонардо да Винчи является драгоценным достоянием всего прогрессивного человечества.

<sup>1</sup> И. П. Павлов. Полное собрание трудов, т. V, Изд-го АН СССР, 1949, стр. 316.

# ФОТОСИНТЕЗ РАСТЕНИЙ

*Профессор А. А. Ничипорович*



В известной лекции «О физиологическом значении хлорофилла» К. А. Тимирязев писал:

«Едва ли какой процесс, совершающийся на поверхности земли, заслуживает в такой степени всеобщего внимания, как тот, далеко ещё не разгаданный процесс, который происходит в зелёном листе, когда на него падает луч солнца. Рассматриваемый с химической точки зрения,— это тот процесс, в котором неорганическое вещество, углекислота и вода, превращается в органическое.

Рассматриваемый с физической, динамической точки зрения,— это тот процесс, в котором живая сила солнечного луча превращается в химическое напряжение, в запас работы. Рассматриваемый с той и другой точки зрения,— это процесс, от которого в конечной инстанции зависят все проявления жизни на нашей планете, а следовательно, и благосостояние всего человечества»<sup>1</sup>.

Блестящие исследования К. А. Тимирязева в этой области открыли широкие перспективы для дальнейшего изучения светового питания растений — фотосинтеза — на истинно научной материалистической основе.

Но пламенный трибун науки для народа К. А. Тимирязев не только вел эксперимен-

тальную работу — он с непревзойденным мастерством популяризировал знания по фотосинтезу. Многие русские ученые, следуя по пути, указанному К. А. Тимирязевым, внесли богатый вклад в изучение этой важнейшей проблемы современного естествознания.

Достаточно вспомнить работы таких крупных русских ученых, как А. Н. Бах, М. С. Цвет, К. О. Пуриевич, В. В. Сапожников, Ф. Н. Крашенинников, А. А. Рихтер, В. Н. Любименко, С. П. Костычев, чтобы представить себе, каковы заслуги русской науки в этой области.

Однако значение этого вопроса таково, что и в настоящее время необходимо, чтобы дело, начатое К. А. Тимирязевым, продолжалось, расширялось и чтобы знания по фотосинтезу широко популяризовались. В этих работах должны объединяться усилия «представителей самых разнородных отраслей естествознания»<sup>1</sup> — биологов, физиков, химиков, физико-химиков.

Это тем более необходимо, что со времени работ К. А. Тимирязева и его прямых учеников многие представления о фотосинтезе коренным образом изменились.

Фотосинтез — это процесс углеродного питания зеленых растений, осуществляемый при участии света. Углерод входит в состав

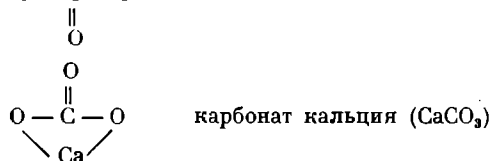
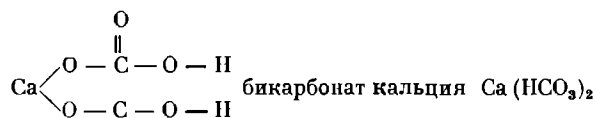
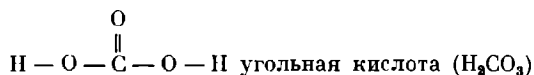
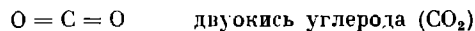
<sup>1</sup> К. А. Тимирязев. О физиологическом значении хлорофилла, Избранные сочинения, т. I, Сельхозгиз, 1948, стр. 257.

<sup>1</sup> Там же, стр. 276.

органических веществ; содержание его в массе сухого вещества тел живых организмов (как растений, так и животных) достигает 40—45 процентов.

Углерод находится на Земле в составе двух групп соединений. Первая группа — это неорганические углеродсодержащие вещества. Основным соединением этой группы является двуокись углерода ( $\text{CO}_2$ ), находящаяся в газообразном состоянии в составе воздуха (углекислый газ) и в растворенном виде в воде рек, морей, океанов. Производными двуокиси углерода являются угольная кислота ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) и соли последней: карбонаты и бикарбонаты.

Углерод, входящий в состав этих соединений, полностью окислен, он соединен только с атомами кислорода, например:



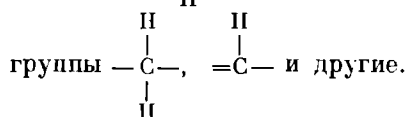
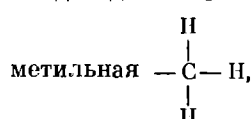
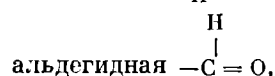
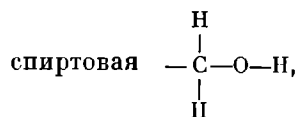
Большая часть углерода, находящегося на Земле, входит в состав двуокиси углерода и карбонатов.

Вторая группа углеродсодержащих веществ — это органические соединения.

В громадном большинстве случаев органические соединения представляют собой сложные молекулы, состоящие из цепочек или колец с двумя, тремя и большим числом (доходящим до сотен) соединений между собой атомов углерода. Последние, кроме того, присоединяют к себе атомы водорода, кислорода, иногда азота и серы.

Соединение углерода с водородом является наиболее характерной особенностью органических соединений и свидетельствует о том, что углерод органических соединений, в отличие от окисленного углерода неорганических веществ, восстановлен.

Характерными группировками углерода, входящего в состав наиболее важных в органическом мире веществ, являются:



Правда, в органических соединениях встречаются и группировки со связями  $\text{C—C}$ ,  $\text{C—O}$  или  $\text{C—O—H}$ , в которых отсутствуют связи углерода с водородом. Среди таких наиболее важными являются карбок-

сильная  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—O—H,} \end{array}$  характерная для орга-

нических кислот, и кетонная  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—,} \end{array}$  характерная для кетонов. Однако эти группы находятся в составе цепей с восстановленным углеродом, и, таким образом, в целом то или иное органическое соединение является восстановленным соединением, содержащим восстановленный углерод.

Итак, основное и кардинальное различие между неорганическими и органическими соединениями углерода (не говоря об угле, графите, алмазе, состоящих из чистого углерода) заключается в том, что в первых углерод полностью окислен, а во вторых в той или иной степени восстановлен (т. е. хотя бы частично освобожден от связей с кислородом или соединен с водородом).

Благодаря этому неорганические соединения бедны химической энергией, инертны и устойчивы в химическом отношении. Наоборот, органические соединения богаты запасами потенциальной химической энергии, реагентоспособны, мало устойчивы в химическом отношении и, в частности, легко окисляются и могут гореть с отнятием от их моле-

кул атомов водорода и с присоединением кислорода.

В результате полного окисления органических соединений образуются неорганические вещества: вода — как продукт окисления водорода и двуокись углерода — как продукт окисления углерода. При окислении органических веществ запасы потенциальной химической энергии освобождаются и обычно учитываются в виде энергии тепла.

Таким образом, органические углерод- и водородсодержащие вещества легко разлагаются, окисляются с образованием неорганических соединений углерода и водорода ( $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ).

Наоборот, неорганические соединения (двуокись углерода и вода) могут быть превращены в органические только с затратой энергии извне, которая частично и должна быть связана и запасена в виде потенциальной химической энергии органического соединения.

Органические вещества служат основным материалом в организации, в поддержании жизни, в обмене веществ живых организмов. Именно поэтому углеродное питание и обмен органических веществ у живых организмов являются основой их жизни.

Однако разные организмы по-разному осуществляют углеродное питание и по-разному создают те органические вещества, которые входят в состав их тел. Коренное, принципиальное различие заключается в том, что одни организмы могут питаться неорганическими углеродсодержащими соединениями и создавать из них органические вещества, необходимые для жизни. Другие же не могут образовывать органические вещества из неорганических и должны обязательно питаться готовыми органическими веществами.

Первая группа организмов носит название автотрофных, вторая — гетеротрофных.

Автотрофные организмы должны обладать способностью использовать какие-то источники водорода и направлять его на восстановление двуокиси углерода. Кроме того, они должны обладать специальным аппаратом для использования энергии из внешних источников, чтобы восстанавливать ее при помощи  $\text{CO}_2$  и запасать ее в виде энергии химических связей во вновь образуемых органических веществах.

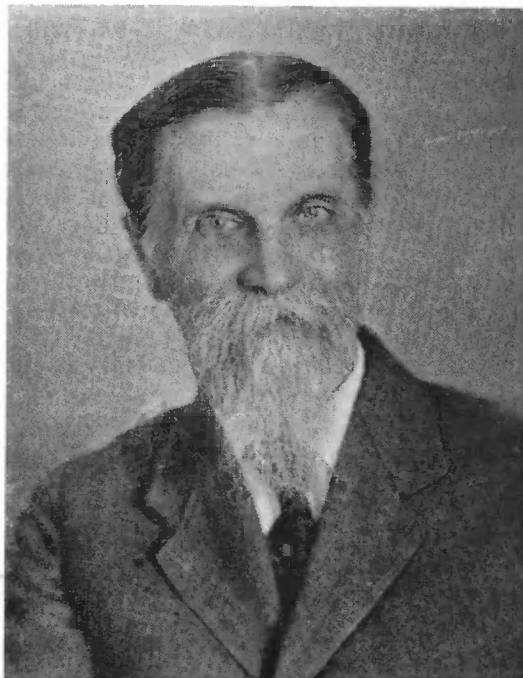
Такими особенностями обладает несколько типов бактерий, осуществляющих хемосинтез и фоторедукцию.

В качестве источников водорода для восстановления двуокиси углерода они используют аммиак ( $\text{NH}_3$ ), сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ), молекулярный водород ( $\text{H}_2$ ), некоторые органические соединения, а в качестве источника энергии для синтеза

органических веществ — либо энергию окисления ряда неорганических (аммиак, нитриты, закисное железо, сероводород, сера), либо энергию окисления органических веществ, либо даже энергию света (бактерии, содержащие бактериохлорофилл).

Однако в общем процессе круговорота углерода и новообразования органического вещества эти организмы играют очень незначительную роль: слишком ограниченный характер имеют и источники водорода и источники энергии, которые они используют для восстановления  $\text{CO}_2$  и образования органических веществ.

Основной же группой автотрофных растений, первично синтезирующих органические вещества в громадных количествах, являются



К. А. ТИМИРЯЗЕВ

зеленые растения, способные осуществлять фотосинтез.

Источником углерода для них является углекислый газ, находящийся в воздухе (для наземных растений) или растворенный в воде (для водных растений). Источником водорода для восстановления двуокиси углерода служит вода, а источником энергии — солнечный свет, поглощаемый хлорофиллом и идущий на совершение химической работы.

И углекислый газ, и вода, и солнечный свет распространены повсеместно. В силу этого зеленые растения стали главенствующей группой живых организмов на Земле.

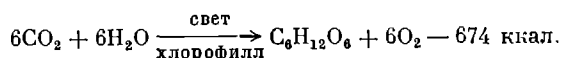
Процесс фотосинтеза замечателен во многих отношениях: в результате этого процесса зеленые растения создают на Земле громадные запасы органического вещества и химической энергии, необходимые как для жизни их самих, так и для жизни всех других организмов; именно в результате фотосинтеза создаются урожаи сельскохозяйственных растений. Таким образом, система земледелия есть по существу система, направленная на наилучшее использование способности зеленых растений к фотосинтезу, на повышение его продуктивности.

В течение миллионов лет зеленые растения в процессе фотосинтеза обогатили атмосферу нашей планеты кислородом и поддерживают его содержание в воздухе на том уровне, который дает возможность существовать живым организмам.

Самая замечательная сторона фотосинтеза заключается в его физических и химических основах: в процессе фотосинтеза растения в обычных условиях среды осуществляют столь сложные реакции, которые практически не удается пока осуществить искусственным путем, даже подвергая  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  самым сильным, самым сложным воздействиям.

\* \* \*

Принимая, что основным продуктом фотосинтеза растений может быть сахар, глюкоза, мы можем изобразить суммарные результаты фотосинтеза следующим уравнением:



Это уравнение говорит о том, что шесть молекул  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  вступают в процессе фотосинтеза под влиянием света, поглощае-

мого хлорофиллом, в реакции, которые приводят к образованию одной молекулы сахара к выделению шести молекул газообразного кислорода, и в результате этого в грамм-молекуле сахара запасается 674 кило-калорий энергии, вследствие превращения энергии солнечного света в энергию химических связей.

Однако, давая самое общее представление о начальных продуктах и конечных результатах фотосинтеза, это уравнение не вскрывает многих важных сторон химизма и механизма этого процесса.

Так, на основании этого уравнения нельзя сделать вывода о том, какова форма участия в фотосинтезе хлорофилла и какова природа фотохимических реакций фотосинтеза. Не говорит оно и том, каковы природа и последовательные стадии взаимодействия между двуокисью углерода и водой, не вскрывает процессов образования конечных продуктов — углеводов и кислорода. Это уравнение также не объясняет природы превращения энергии света в энергию химическую

На все эти вопросы в большинстве случаев нельзя еще дать исчерпывающих ответов, хотя в данной области ведутся интенсивные исследования. Но многие важные особенности процесса фотосинтеза хорошо вскрыты уже сейчас. Некоторые из них мы и постараемся осветить.

Одно из наиболее важных открытий для понимания «механизма» фотосинтеза было сделано русскими исследователями А. П. Виногорадовым и Р. В. Тейс.

Изучая изотопный состав кислорода, выделяющегося в процессе фотосинтеза, А. П. Виногорад установил, что он соответствует изотопному составу кислорода воды, а не двуокиси углерода. Таким образом, можно считать, что при фотосинтезе кислород выделяется не из углекислоты, а из воды. Эти работы имеют большое значение, ибо они указывают на то, что одним из первых актов фотосинтеза является разложение воды, приводящее к выделению кислорода и использованию водорода на восстановление  $\text{CO}_2$ .

Эти выводы получили подтверждение и в других не менее важных опытах.

Хлорофилл сосредоточен в клетках фотосинтезирующих органов растений в особых «зернах» — хлоропластах. Если листья зеленых растений освещаются в присутствии двуокиси углерода, то в хлоропластах образуется



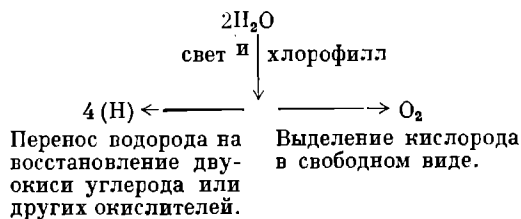
крахмал — один из основных продуктов фотосинтеза. *Хлоропласты и являются теми внутриклеточными образованиями, в которых протекают основные реакции процесса фотосинтеза.*

Из листьев некоторых растений хлоропласты довольно легко выделяются, и их можно получить в виде водной суспензии. Естественно, возникал вопрос о том, нельзя ли заставить хлоропласты в таких суспензиях восстанавливать на свету двуокись углерода и синтезировать органические вещества. Однако опыты показали, что в этих условиях двуокись углерода не усваивается. Но если в суспензии добавлять некоторые окислители, более активные, чем  $\text{CO}_2$  (например, окисное железо, хиноны и др.), то в этом случае хлоропласты, так же как фотосинтезирующий лист, выделяют на свету свободный кислород. Опыты с добавлением в суспензии воды, содержащей тяжелый изотоп кислорода ( $\text{O}^{18}$ ), показали, что выделяемый в этом случае на свету кислород — водного происхождения. В этих же опытах была установлена еще одна важная деталь: наряду с выделением кислорода в суспензиях хлоропластов на свету происходит также восстановление добавляемых в них активных окислителей (например, окисного железа в закисное, хинона в гидрохинон и т. д.)

Эти исследования чрезвычайно важны, так как они показывают, что действие света и фотохимические реакции фотосинтеза связаны с разложением воды, причем кислород выделяется в свободном виде, а водород используется на восстановление некоторых окислителей.

В данном случае можно сказать, что вода сама окисляется и восстанавливает водородом другие вещества, которые в конечном итоге передают водород и на восстановление двуокиси углерода.

Приблизительно, схематически смысл этих заключений можно изобразить следующим образом:



Что касается восстановления двуокиси углерода, то есть ряд данных, говорящих о том, что перенос водорода на нее осуществляется без участия света, в результате реакций, происходящих с участием особых регуляторов биохимических процессов у живых организмов — ферментов.

Это доказывалось, в частности, опытами Е. А. Бойченко. Выделяя хлоропласты из листьев растений с особыми предосторожностями, она установила, что в атмосфере водорода они способны и в темноте восстанавливать двуокись углерода с образованием органических веществ. Но это происходит только тогда, когда хлоропласты находятся в атмосфере газообразного свободного водорода. В данном случае этот водород заменяет водород, мобилизуемый в обычном фотосинтезе из воды при помощи света.

Вспомним также, что многие хемосинтезирующие организмы (например, нитрифицирующие бактерии, железо-бактерии) восстанавливают двуокись углерода за счет энергии окисления также без участия света. Поэтому можно считать достоверным, что таким же путем, т. е. при помощи ферментов и без участия света, осуществляется перенос водорода на уголекислоту и в процессе фотосинтеза. Опыты А. А. Красновского, а также Е. А. Бойченко дают основание считать, что в переносе водорода на восстановление двуокиси углерода принимают участие ферменты — переносчики водорода — дегидразы.

Важные для понимания природы фотосинтеза работы проведены в последние годы А. А. Красновским. Он установил, что хлорофилл окисляет на свету аскорбиновую кислоту, отнимая у нее водород. При этом сам хлорофилл восстанавливается. Затем в темноте хлорофилл может опять окисляться, передавая водород либо обратно на окисленную форму аскорбиновой кислоты, либо на другие окислители.

Все это позволяет считать, что фотосинтез представляет собой процесс, состоящий из серии последовательных окислительно-восстановительных реакций. Одни вещества восстанавливаются, принимая на себя водород и окисляя другие, а затем передают водород другим окислителям, восстанавливая их и сами окисляясь, пока какой-то переносчик не передаст водород на  $\text{CO}_2$ .

На определенной стадии таким акцептором водорода служит хлорофилл, осущес-

ствляющий реакцию окисления-восстановления с участием солнечной энергии, связывающий и передающий ее вместе с переносимым водородом на восстановление  $\text{CO}_2$ .

Для того чтобы полнее представить себе общий характер процесса фотосинтеза, надо отметить еще следующие обстоятельства. Исследованиями с радиоактивным изотопом углерода  $\text{C}^{14}$  установлено, что углекислый газ вступает в цикл фотосинтетических превращений не в свободном виде, а присоединяясь к имеющимся уже в клетках органическим веществам и образуя карбоксильные группы, характерные для органических кислот. Схематически эту реакцию можно изобразить так<sup>1</sup>:  $\text{RH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{RCOOH}$ . Таким образом, в процессе фотосинтеза восстанавливается не прямо двуокись углерода, а карбоксильная группа.

Вероятно, то же можно сказать и о воде: в реакции фотосинтеза она вступает не в свободном виде, а в виде комплексного соединения. Выделение кислорода при фотосинтезе происходит, вероятно, через стадии образования какой-то перекиси (как это предполагал еще А. Н. Бах).

В итоге мы можем представить фотосинтез схемой (см. стр. 43), где этот процесс изображен как процесс восстановления двуокиси углерода водородом воды с передачей водорода от воды на  $\text{CO}_2$  через серию переносчиков, участвующих в обратимых окислительно-восстановительных реакциях. Среди них в качестве одного из звеньев осуществляется обратимое окисление-восстановление хлорофилла при помощи света. В приведенной схеме скобками обозначены комплексные соединения, символом  $\text{ChI}$  — окисленная и символом  $\text{HChI}$  — восстановленная форма хлорофилла, символом  $\text{Z}$  — промежуточный переносчик водорода, которых может быть несколько.

Каждая пара соприкасающихся дугообразных стрелок показывает направление окислительно-восстановительной реакции, в которой один компонент окисляется, передавая водород другому компоненту, другой же в свою очередь принимает водород на себя и восстанавливается.

Многие детали процесса, отображенного в этой схеме, еще не выяснены. Однако она

правильно изображает природу фотосинтеза, подчеркивая, что он включает следующие звенья.

1. Процесс фотоокисления воды с выделением кислорода и первичной мобилизацией водорода, вероятно, на хлорофилле.

2. Перенос водорода от воды на  $\text{CO}_2$  в серии окислительно-восстановительных реакций.

3. Первичная фиксация и восстановление  $\text{CO}_2$  с образованием промежуточных и конечных продуктов фотосинтеза.

\* \* \*

В приводимой схеме принято, что для восстановления одной молекулы двуокиси углерода необходимы четыре молекулы воды.

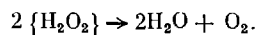
Это обстоятельство не случайно, и смысл его заключается в следующем.

В результате фотосинтеза образуются органические вещества с уровнем восстановленности углеводов, т. е. такие, где на каждый атом углерода приходится в среднем два атома водорода и один атом кислорода. При этом реакция между двуокисью углерода и водой должна проходить по уравнению<sup>1</sup>



Иначе говоря, для восстановления одной молекулы  $\text{CO}_2$  должны подвергнуться фотоокислению по крайней мере две молекулы воды и должно быть мобилизовано четыре атома водорода, т. е. разорвано четыре связи  $\text{H} - \text{O}$ .

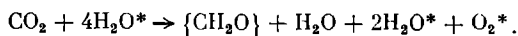
Из числа указанных четырех атомов водорода два должны использоваться на отнятие от молекулы  $\text{CO}_2$  атома кислорода со вторичным образованием воды и два — на прямое восстановление углерода или карбоксильной группы путем присоединения к углероду. Более вероятно, что необходимые для этого четыре атома водорода мобилизуются из четырех молекул воды, а четыре остающихся после этого радикала ( $\text{O} - \text{H}$ ) образуют перекись (условно обозначенную  $\text{H}_2\text{O}_2$ ), из которой уже выделяется кислород с частичной регенерацией воды:



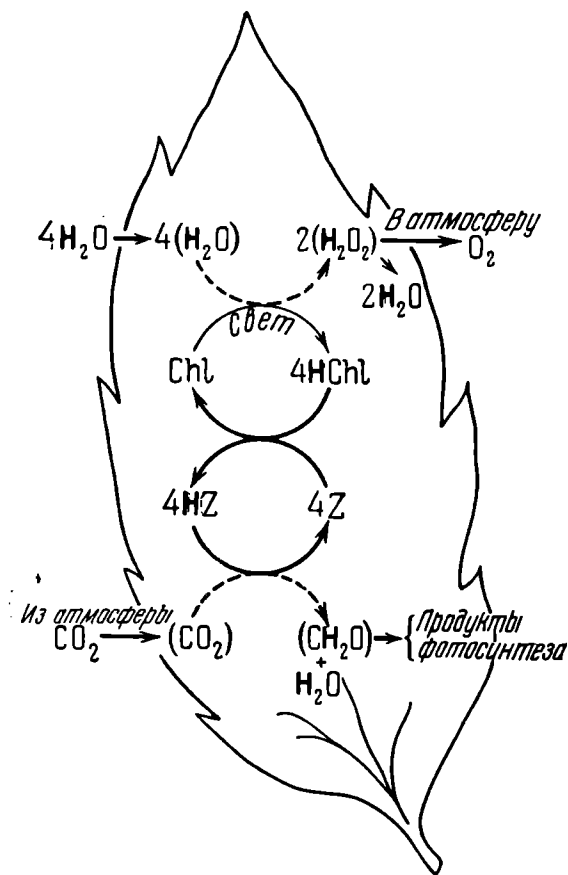
<sup>1</sup> Символом  $\text{RH}$  изображено органическое вещество, содержащее водород.

<sup>1</sup> Символом  $\text{O}^*$  изображен кислород, находящийся или находившийся в составе воды.

Таким образом, наиболее вероятное уравнение фотосинтеза можно изобразить так:



Это и нашло отражение в приводимой схеме фотосинтеза. Из нее же мы видим и



сложность процесса восстановления дву-окиси углерода и карбоксильной группы: для этого к каждой молекуле должно быть сразу или последовательно подведено по крайней мере четыре атома водорода. Отсюда следует, что процесс восстановления  $\text{CO}_2$  до уровня восстановленности углеводов должен быть сложным и многоступенчатым. При этом надо напомнить еще и то, что, помимо самого восстановления  $\text{CO}_2$  в процессе фотосинтеза, молекулы  $\text{CO}_2$  должны последовательно присоединяться друг к другу, чтобы образовалась углеродная цепь органического вещества.

\* \* \*

Разобрав эти вопросы, мы подходим к оценке самого важного, самого сложного и, к сожалению, наименее изученного вопроса процесса фотосинтеза, подходим к самой главной его «тайне».

Мы имеем в виду вопрос о природе фотохимической реакции фотосинтеза, о природе усвоения, связывания, или, как говорил К. А. Тимирязев, «запасания впрок» растениями энергии солнечных лучей.

По современным представлениям излучение света осуществляется определенными порциями — квантами. Величина энергии световых квантов зависит от длины волны: она обратно пропорциональна длине волны ( $\lambda$ )<sup>1</sup>. Таким образом, энергия кванта красного света ( $\lambda \cong 660 \text{ м}\mu$ ) в полтора раза меньше энергии кванта синего света ( $\lambda = 440 \text{ м}\mu$ ).

В простых системах фотохимические реакции осуществляются так, что каждая реагирующая молекула поглощает один квант энергии. При этом грамм-молекула реагирующего вещества, состоящая из  $6 \times 10^{23}$  молекул, поглощает 42 кило-калории энергии, если процесс идет под действием красных лучей, и в полтора раза больше, т. е. 63 кило-калории, если процесс идет под действием синих лучей.

Последовательное поглощение двух или нескольких квантов света с суммированием их действия в простых системах (обычные растворы, суспензии) мало вероятно.

Однако изучение энергетических особенностей фотосинтеза показывает, что в данном случае мы имеем дело с более сложным процессом.

Как мы видели, для восстановления одной молекулы  $\text{CO}_2$  необходимо освободить из воды четыре атома водорода. Для этого надо разорвать четыре связи  $\text{O} - \text{H}$ .

Связи  $\text{O} - \text{H}$  между водородом и кислородом в молекулах воды очень прочны (110 кило-калорий), и на разрыв одной связи  $\text{O} - \text{H}$  следовало бы затратить энергию по крайней мере трех квантов красного света, наиболее хорошо поглощаемых хлорофиллом и наиболее активных для фотосинтеза.

Однако более подробное рассмотрение вопроса указывает на то, что при фотосинтезе происходит не простой, а очень сложный

<sup>1</sup> Длина световой волны выражается в миллимикронах ( $\text{м}\mu$ ).  $1 \text{ м}\mu = 1/1\,000\,000$  миллиметра.

фотохимический процесс. Многие работы по определению так называемых квантовых выходов, или квантовых расходов фотосинтеза, дают право заключить, что при наиболее благоприятных условиях в процессе фотосинтеза на разрыв одной связи  $O - H$  затрачивается не три кванта, как следовало бы из указанного, а всего два или даже один квант.

Очевидно, в живом листе вода, вступающая в цикл фотосинтетических превращений, еще до этого подвергается каким-то воздействиям, в результате которых сильно ослабляется прочность связей  $O - H$ , и они в итоге могут быть разорваны с приложением энергии всего одного-двух квантов.

Такое ослабление связей  $O - H$  может достигаться различными путями: за счет вхождения молекул  $H_2O$  в какие-либо комплексные соединения, за счет сосредоточения таких комплексных соединений в местах с очень высокими окислительными потенциалами, за счет временного воздействия на эту связь энергии, уже имеющейся внутри системы.

В действительности, вероятно, имеют место и те и другие условия. И в итоге растение легко осуществляет такую реакцию, которую не удастся осуществить пока в простых системах в мертвой среде. Изучение условий, обеспечивающих возможность фотохимического разложения воды, является одной из важнейших задач в работах по выяснению природы процесса фотосинтеза. Когда эта задача будет решена, мы, вероятно, поймем механизм таких фотохимических процессов, где в одной реакции, в разрыве одной химической связи суммируется действие нескольких квантов энергии и где эта энергия не теряется в обратном ходе реакции, а сохраняется в системе.

Изучив фотохимическую стадию фотосинтеза, мы будем также понимать механизм таких подготовительных реакций, в результате которых прочные связи химически устойчивых веществ делаются более слабыми и могут разрываться под воздействием значительно меньшего количества поступающей извне энергии, чем в обычных условиях.

Все это открывает для нас громадные практические возможности.

\* \* \*

Не менее важные результаты могут быть получены в связи с изучением особенностей

переноса водорода на восстановление  $CO_2$  и химизма процесса образования продуктов фотосинтеза.

Мы уже говорили о том, что вода — мало активный восстановитель. Поэтому окисление воды с отнятием водорода может быть осуществлено только при наличии очень активных окислителей и при воздействии дополнительной энергии.

В то же время двуокись углерода и карбоксильная группа являются очень инертными окислителями. Восстановление их может быть осуществлено при наличии очень активных восстановителей и также при воздействии дополнительной энергии.

Таким образом, предполагая многоступенчатый перенос водорода от воды на двуокись углерода, мы должны считать, что водород последовательно переходит из зоны с высоким окислительным потенциалом и низким энергетическим уровнем в зоны все более и более высокого восстановительного потенциала и высокого энергетического уровня.

Такое направление многоступенчатого процесса представляет собой одну из наиболее удивительных сторон фотосинтеза. Оно интересно потому, что резко отличается от обычного направления течения химических процессов: при одновременном образовании в процессе фотосинтеза активных окислителей (вплоть до свободного кислорода) и активных восстановителей (вплоть до переносчиков водорода, способных восстановить такой инертный окислитель, как двуокись углерода или карбоксильные группы) они защищены от реакции между собой и от потерь той энергии, которая аккумулируется в восстановленных продуктах.

Процесс переноса водорода и энергии на двуокись углерода завершается тем, что в конечных продуктах фотосинтеза связывается и накапливается примерно 112 килокалорий энергии на каждый грамм-атом углерода или на одну грамм-молекулу восстановленной двуокиси углерода. Эта энергия равна энергии трех квантов красного света.

Для осуществления столь сложного процесса необходимы очень специфические условия. Среди них важное значение имеет наличие неоднородности структуры фотосинтетического аппарата растений с одновременным существованием внутри микроскопического пространства хлоропластов — зон с

резко различными энергетическими условиями и окислительно-восстановительными потенциалами.

Важным условием является наличие строгой специфичности путей передачи водорода от воды на  $\text{CO}_2$  и системы защиты переносимого водорода от окисления любыми другими окислителями, более активными, чем двуокись углерода или карбоксильная группа.

В связи с этим интересно указать на результаты опытов, проведенных в Институте физиологии растений имени К. А. Тимирязева Академии Наук СССР при участии автора настоящей статьи. Было известно, что освещение листьев растений значительно усиливает восстановление содержащихся в них нитратов, т. е. солей азотной кислоты, которые служат основным источником азотного питания растений и в которых азот полностью окислен, будучи связан только с кислородом (например, в селитре —  $\text{KNO}_3$ ). Можно было предполагать, что на восстановление азота нитратов направляется частично тот водород, который мобилизован в результате фотоокисления воды и который в большей своей части идет на восстановление  $\text{CO}_2$ . При этом допускалось, что удаление углекислого газа из воздуха, окружающего лист, может усилить восстановление нитратов: у них не будет конкурента в получении водорода с промежуточных переносчиков.

Однако, вопреки этому допущению, оказалось, что восстановление нитратов в листьях происходит наиболее интенсивно при наличии света и углекислого газа.

Отсюда ясно, что водород, переносимый от воды на  $\text{CO}_2$ , хорошо защищен от того, чтобы его перехватывали на пути другие окислители, даже более активные, чем двуокись углерода. И только восстановив  $\text{CO}_2$  и войдя в состав органического вещества, этот водород может играть активную роль в последующем восстановлении других окислителей.

Если же в лист не поступает  $\text{CO}_2$ , — основной акцептор водорода, — то прекращается и процесс фоторазложения воды, прекращается процесс первичной мобилизации водорода.

Таким образом, весь процесс фотосинтеза в живом листе состоит из строго сопряженных реакций. Если из цепи этих реакций выпадает хотя бы одно звено, то прекращается и весь процесс в целом.

Эта особенность фотосинтеза вполне понятна с биологической точки зрения: процесс фотосинтеза существует для усвоения зелеными растениями углерода  $\text{CO}_2$  путем его восстановления. Если бы водород, мобилизуемый для этого, мог перехватываться другими окислителями, многие из которых более активны, чем  $\text{CO}_2$ , и имеются в растениях в больших количествах, то было бы крайне затруднено выполнение основной функции и задачи фотосинтеза.

Итак, специфичность и строгая направленность путей переноса водорода именно на восстановление  $\text{CO}_2$ , а не других восстановителей — являются еще одной замечательной особенностью фотосинтеза.

Многие детали основных реакций фотосинтеза, детали структуры и организации фотосинтетического аппарата растений нам еще неясны и неизвестны. Но тем не менее и сейчас мы уже представляем себе основные принципы осуществления этого процесса. Уже сейчас мы можем видеть, сколь важные и существенные закономерности лежат в основе этого процесса. Уже сейчас можно представить себе, сколь безгранично обогатятся наши возможности в проведении промышленных синтезов разнообразных органических веществ и в использовании с промышленными целями энергии солнечного света, если все детали процесса фотосинтеза будут вполне изучены.

Важность изучения этой области станет еще более понятной, если мы примем во внимание следующее обстоятельство.

До настоящего времени существует еще распространенное мнение о том, что единственными прямыми продуктами фотосинтеза растений являются углеводы. При этом считается, что разнообразие растений по обмену веществ и по наследственным качествам обусловлено различиями во вторичных превращениях основных продуктов фотосинтеза — углеводов.

Однако еще в конце прошлого столетия ученик К. А. Тимирязева профессор В. В. Сапожников провел опыты, заставившие его считать, что в процессе фотосинтеза растения, кроме углеводов, образуют еще и белки.

Эта точка зрения долго не получала широкого признания. Только в последнее время и, в частности, в лаборатории фотосинтеза Института физиологии растений Академии Наук СССР получены вполне убедительные

данные, подтверждающие точку зрения В. В. Сапожникова, В этих работах выяснилось, что количественные отношения между образуемыми белками и углеводами сильно меняются в зависимости от возраста растений и листьев, от условий питания, от интенсивности и качества света, от типов и видов растений.

Все это доказывает, что процесс фотосинтеза не является процессом чисто физико-химическим. Это прежде всего процесс физиологический — процесс, само осуществление которого и направленность работы которого тесно связаны со спецификой организации растений, как живых организмов, с их жизненными отправлениями и физиологическим состоянием.

С другой стороны, и сам процесс фотосинтеза, меняясь в количественном и качественном отношениях, решающим образом определяет физиологическое состояние, направление и результаты жизненных процессов растений.

Так, например, на свету разного качества и интенсивностей растения развиваются с разной быстротой, образуют по-разному различные органы (луковицы, клубни, кочаны, органы плодоношения и другие) и приобретают разные морфологические особенности.

Очевидно, это в значительной мере обусловлено тем, что в разных условиях фотосинтетический аппарат растений работает не одинаково не только в количественном, но и в качественном отношении, создавая тем самым разную направленность обмена веществ растений.

А обмен веществ — основа жизненных процессов, и если различна его направленность,

то различно и направление основных жизненных процессов.

Все это открывает новые возможности в работах по управлению урожаями, их качеством и наследственными особенностями растений.

Работами, проводимыми в Институте биохимии Академии Наук СССР Н. М. Сисакином, показано, что хлоропласты зеленых растений являются местом сосредоточения многочисленных и важнейших ферментов.

Это служит лишним и неоспоримым доказательством большой биохимической активности хлоропластов и способности их выполнять в процессе фотосинтеза сложную и многообразную работу.

\* \* \*

Особенности процесса фотосинтеза, во многом отличающие его от других известных нам процессов, делают вполне понятным интерес, который проявляют к нему ученые различных специальностей. Этот интерес понятен потому, что познание природы процесса фотосинтеза обещает новые и громадные возможности в самых разнообразных областях нашей деятельности: и в области рационального управления фотосинтезом у растений, а следовательно, управления их урожаями и улучшения их качества; и в области разработки новых принципов и способов промышленного использования солнечной радиации — этого неисчерпаемого источника энергии; и в области производства разнообразных искусственных синтезов ценных органических веществ, с использованием в качестве сырья — углекислый газ или углекислые соли (мел, известняки), а в качестве источника энергии — солнечный свет.



# ПОКОРЕНИЕ ПУСТЫНЬ

Б. А. Федорович



*Постановлением Совета Министров Союза ССР старшему научному сотруднику Института географии Академии Наук СССР Б. А. Федоровичу за научно-популярный труд «Лик пустыни» присуждена Сталинская премия за 1951 год. В публикуемой статье автор на основе последних научных данных разбивает важнейшие положения своей книги, характеризуя пути преобразования пустынных районов нашей страны.*

Четырнадцать процентов территории нашей Родины охвачено пустынями. Мы отнюдь не можем относиться к ним как к «бросовым землям». С каждым годом мы черпаем из них все большие богатства, а в перспективе конкретно и осязаемо встает их крупное значение для создания коммунистического изобилия. Однако природа пустынь специфична, и выработка конкретных путей и форм преобразования природы требует еще громадной исследовательской деятельности в различных областях знаний.

## СВОЕОБРАЗИЕ ПРИРОДЫ

Многие, впервые попав в пустыню, сразу же убеждаются в том, что их представления о ней были иными. Природа пустыни оказывается более разнообразной, интересной, а главное, она заключает в себе значительно больше глубокого и разнохарактерного своеобразия, чем можно было предполагать.

Это своеобразие пустыни охватывает все стороны ее природы. И климат, и любое растение, и каждое живое существо, и сама почва, и весь рельеф, и даже характер древних геологических наслоений — все в пу-

стыне полно особой самобытностью. Эта самобытность является не чем-то преходящим или привнесенным, а самой сутью, основой природы пустынь.

Сравним, например, лапки живущих в песках разнообразных животных: похожего на большую плоскую мокрицу египетского таракана, хищного жука скарита, быстregoной ящерицы «круглоголовки» и гребнепалого суслика. У всех у них, как и у десятков других видов обитателей песков, будь то насекомое, пресмыкающееся или млекопитающее, — строение лапок одинаково приспособлено для бегания по сыпучему, нескрепленному песку. Ясно видно, что такая приспособленность могла возникнуть лишь в процессе длительного развития.

Зноен и сух воздух пустынь в летние дни. Еще жарче раскаляется поверхность песка. И все обитатели песчаных пустынь, кроме птиц и копытных животных, выработали в себе умение закапываться поглубже в песок, туда, где он хранит прохладу и влагу. Ясно, что и это приспособление далось животным тоже не сразу.

Многие обитатели пустынь настолько неспособны выносить горячие летние лучи

солнца, что, очутившись под ними на поверхности песка, погибают за несколько минут (например, ящерицы), а то и за несколько секунд (термиты). Но в процессе длительного существования в пустыне они выработали такой образ жизни, что не только хорошо чувствуют себя в ней, а зачастую и вовсе не могут жить вне пустынь.

И куда бы вы ни взглянули, всюду и во всем можно увидеть эту поразительную и многообразнейшую приспособленность всех растений и животных к неблагоприятным условиям природы пустынь и максимальному использованию всех, так сказать, жизненных возможностей пустыни.

Умение животных впадать не только в зимнюю, но и в летнюю спячку, вести ночной образ жизни, обходиться длительное время без корма и всю жизнь без водопоя либо изредка довольствоваться крайне солеными водами; замена у растений широких листьев мелкими, узкими или игловыми; жизнь растений вовсе без листьев как форма борьбы с потерей влаги, летний веткопад вегетирующих побегов, обильное выделение воскового налета, опушенность и множество других приспособлений — все говорит о том, что они сформировались не сразу. Действительно, в распоряжении природы было громаднейшее время.

Проследите характер четвертичных отложений древних речных наносов в глубоких пропилах какого-либо староречья, третичных слоев — в чинках Усть-урта, мезозойских горных пород — в ущельях пустынных гор. Всюду во всех этих отложениях широко распространен присущий только засушливым областям, а особенно пустыням, разнообразный по формам минерал гипс. Он не только заполняет в качестве новообразования трещины в слоях, но и сам слагает целые пласты и свиты. Местами в результате обменных реакций, вызываемых горячими лучами солнца, гипс замещает собой выступающие на поверхность пласты известняков. Во многих районах выпотевание горной влаги под теми же горячими лучами солнца привело к образованию двухметрового покрова рыхлого, похожего на снег гипсового туфа «бозынген» — этой своеобразнейшей коры пустынь.

Такие крайне различные проявления за-гипсованности и отложение гипса в различных геологических толщах свидетельствуют

о том, что засушливость пустынь Средней Азии существовала на протяжении длительных геологических эпох. Она охватывала весь третичный и меловой период и возникла еще в верхнеюрскую эпоху. Что же касается появления самых пустынь, т. е. времени усиления этой засушливости, то ряд фактов показывает, что пустыни возникли во всяком случае не позднее второй половины плицена. Таким образом, пустынность и приспособление к ней всего растительного и животного мира — это процесс, развивающийся на протяжении минимум миллиона лет!

Пустынность налагает отпечаток и на быт и на хозяйство человека. Жители пустынь строят дома из необожженного суглинка с плоскими земляными крышами, не опасаясь, что их жилища размоет. Они могут сеять на полях, лишь обильно и многократно политых выведенной из рек водой, ибо ни одна сельскохозяйственная культура не может существовать в пустыне без искусственного орошения. Жара, сухость, безводье, скудость растительности, подвижность песков, пыль в воздухе, соль в почве и в воде характерны для пустынь. Казалось бы, пустыня вооружилась против всего живого, и нечего в ней делать человеку. А между тем в течение всей его истории, начиная с первобытных времен, пустыни, и особенно песчаные, влекли человека к себе.

Ничто так жадно не поглощает влагу, как песок. Поэтому нигде в пустыне нет такой разнообразной и относительно богатой растительности, как в песках. Обилие солнечного света способствует накоплению в этой растительности высокопитательных веществ. Длительность же теплого времени года и отсутствие или незначительность снегового покрова приводят к тому, что эта растительность создает крайне редкий в умеренном поясе круглогодичный тип пастбищ. Именно поэтому пустыня, и особенно песчаная, использовалась человеком во все времена для пастбищного животноводства, дающего при малой затрате труда большую доходность.

Советская страна впервые изжила веками бытовавший в пустыне и, казалось, неразрывно с ней связанный кочевой строй. Однако это вовсе не значит, что мы склонны отказываться от использования социалистическим животноводством круглогодичных пустынных пастбищ. Поголовье наиболее



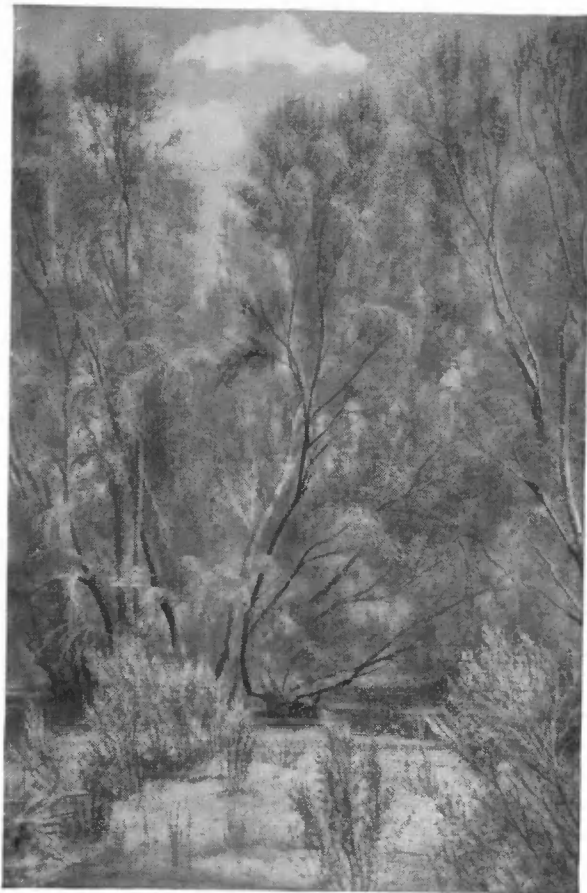
ценного каракулевого стада, могущего существовать только на суходольных пастбищах пустыни, увеличено в советские годы впятеро. Обширнейшие районы осваиваются под выпас не существовавших прежде у нас тонкорунных овец новых пород. Расширяется поголовье наименее требовательных и наиболее выносливых курдючных овец, таких, например, как туркменская сарыджинская. Наши пустыни, и в первую очередь песчаные, — это база крупнейшего социалистического животноводства.

Пустынное животноводство, основанное на круглогодичном выпасе стад, — одно из самых нетрудоемких и доходных видов хозяйства. Всемерное использование в этих целях пустынь, и в первую очередь песчаных, — одна из важнейших наших задач.

Обилие солнечного света, малая облачность, длительность вегетативного периода с высокими температурами — это громадное потенциальное богатство пустынь. И там, где человек умело сочетает его с поливом полей, он получает обильные урожаи высокоценных сельскохозяйственных культур.

Орошенные мелкоземные пустыни дают высокие урожаи разнообразного зерна, включая рис. Они могут снабдить нас ценнейшими плодами и фруктами; наиболее доходно здесь хлопководство.

На границе пустыни, между низовьями Аму-Дарьи и Сарыкамышской впадиной, есть ряд колхозов-новоселов, освоивших пустынные земли. О результатах их труда можно судить, например, по колхозу «Большевик» Куны-Ургеньчского района. Его денежный доход возрос по сравнению с 1950 годом на 3 миллиона рублей. Семья Атаевых, в которой трудоспособных два человека, заработала за год 75 тысяч рублей деньгами и получила много продуктов, в том числе одиннадцать тонн пшеницы. Подобных примеров можно было бы привести много. В колхозе «Большевик» — 28 героев социалистического труда. На примере успехов этой и многих других сельскохозяйственных артелей мы убеждаемся, что в условиях советского строя, при коллективном хозяйстве, вооруженном передовой наукой и техникой, освоение пустынных земель — это отнюдь не утопия, это не робкие шаги, не дело риска, а громаднейшее поле приложения творческого труда.

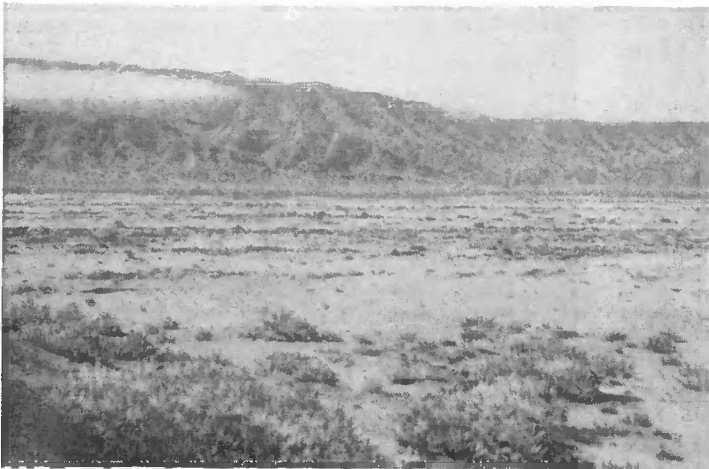


Саксауловые леса на барханных песках

Однако богатства пустынь заключаются не только в растительности песков и потенциальном плодородии суглинистых и супесчаных почв. Они скрыты и в недрах, а освоение недр — это громадный толчок к развитию и преобразованию всего хозяйства.

Освоение недр в наших советских условиях сразу влечет за собой строительство железнодорожных путей, заводов, рабочих поселков, городов, организацию зон пригородного сельского хозяйства, т. е. ведет к полному комплексному использованию всех природных ресурсов пустыни.

Богаты недра пустынь и полупустынь. Мы уже получаем из них разнообразные руды и горючее, минеральные удобрения и различное сырье для химической промышленности. Весь мир мы можем снабжать



Земли будущего орошения подгорной равнины Западной Туркмении

теми солями, которые накопились на нашей земле в современных и древних пустынях. Черное золото — нефть все больше и больше добывается из недр наших пустынь. Много, однако, ждет еще своего времени, требует новых разведок.

Таким образом, освоение природных богатств наших пустынь идет и будет идти в трех основных направлениях: животноводческом, земледельческом и горнопромышленном.

Главнейшей преградой на пути освоения пустынь является недостаток воды, который ограничивает все проявления жизни.

Человеку приходится бороться в пустыне не только за воду, но и со всеми последствиями ее недостатка: засоленные почвы надо выщелачивать, соленые грунтовые воды — опреснять, приходится бороться с сыпучими песками, а подчас — и с переносом пыли.

Своеобразие пустынь создавалось миллионы лет, а нам надо решительно перестроить его за немногие годы на больших площадях. Это совсем не значит, что мы сейчас ставим перед собой задачу «уничтожить» пустыни, превратив, например, их климат во влажный и прохладный. Но мы должны преобразовать их природу и хозяйство так, чтобы уничтожить все вредные последствия недостатка воды и влаги в почве, сохранив безоблачность неба и лишь частично уменьшив сухость воздуха.

## ОСНОВНЫЕ ПУТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПУСТЫНЬ

Каковы же основные пути максимального использования природных ресурсов и преобразования природы пустынь?

Первый путь — это мелиорация в широком смысле этого слова, т. е. всяческое улучшение природных условий за счет использования местных ресурсов.

Второй путь — это преобразование самой природы пустынь путем обводнения и орошения за счет обильных (неместных) вод.

Первый путь — борьба за использование «малых вод» пустынь можно показать на примере Западной Туркмении. Этот край имеет не только громадное животноводче-

ское, но и промышленное значение. Четверть века мы используем неисчерпаемые богатства горьких солей Кара-Богаз-Гола, много десятилетий разрабатываем месторождения поваренной соли Куули и Баба-Ходжа, добываем озокерит на Челекене, обеспечиваем себя иодом, бентонитовой глиной, необходимой для металлургии. Все больше используются громадные месторождения нефти.

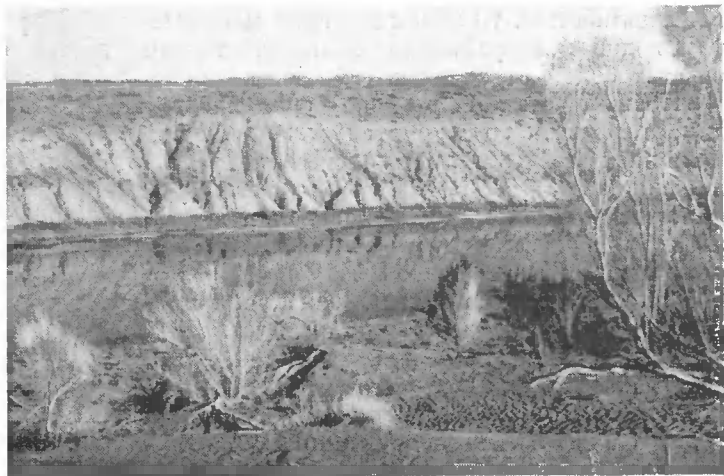
И все это время недостаток воды приходилось ликвидировать всяческими мерами мелиорации в широком смысле этого слова. Вокруг расстилался море воды, но напиться в этой стране буквально было нечем. Воду приходилось возить пароходами из-за моря.

Двадцать лет назад автору этих строк довелось изучать районы, прилегающие к Кара-Богаз-Голу. От сульфатных вод колодцев и источников болели люди и даже, казалось, ко всему приспособленные верблюды. Нам выслали пресную воду. С Кавказских гор стекала она по водопроводу в Баку. Здесь ее перекачали в трюмы паливного парохода и перевезли в порт Кара-Богаз-Гол. Затем ее перелили в бетонную баржу, потом разлили по бочкам и погрузили в плоскодонную шаланду, которую три недели болтало и швыряло осенними штормами, пока ее довели до места наших работ — до северо-восточного побережья залива...

Доставляемая парходами вода, естественно, не могла обеспечить широкого роста промышленности. Пришлось стать на путь использования и улучшения имеющихся местных вод. Морскую воду опресняли. Грунтовые соленые воды подвергали вымораживанию на специальных бетонных площадках. Там, где можно было ожидать подземные пресные воды, бурили скважины. В результате принятых мер жители этих промышленных пунктов были обеспечены хорошей питьевой водой.

Там, где не было пресных вод, пригодных для орошения, стали применять новый вид земледелия, так называемый траншейный. На морских косах, сложенных из крупного ракушечного песка, выкапывали широкие траншеи, глубиной 1—1,5 метра с наклонными бортами. Оказалось, что поверх фильтрующихся через песок морских вод на таких косах всегда лежат тонкие линзы пресных вод. Уже 20 лет в траншеях во влажном песке высаживаются овощи и бахчевые культуры, дающие высокие урожаи. Выращиваются прекрасные помидоры, арбузы, дыни и овощи в таких местах, где, казалось, не могло быть никакого земледелия. На тех же косах появились участки виноградников и посадки деревьев. Севернее Аральского моря Челкарская опытная станция выращивает в траншеях среди песков прекрасный картофель и целый ряд овощных культур. Освоение пустынь внеирригационными методами, или на «малых водах», ведется у нас во многих районах. Мелиорация природных условий пустынь с использованием всех местных ресурсов должна быть всемерно развернута.

Мы должны закреплять пески, озеленять участки, разбивать огороды, создавать кормовые базы во всех животноводческих районах, используя любые источники «малых вод» — грунтовые, артезианские и воды поверхностного стока. Только этим путем мы сможем добиться создания хороших жизненных условий для животноводческих бригад, уходящих далеко от колхозных баз, обеспечить более полное освоение глубинных районов пустынь, улучшить условия животноводства, создать запасы высоко-



В русле Узбоя

питательных кормов на зимнее время. Надо добиваться того, чтобы каждая животноводческая колхозная или совхозная ферма превратилась в маленький культурный оазис. Широкое использование энергии солнца и ветра открывает большие перспективы в коренной перестройке культуры каждого хозяйства в пустыне.

Второй путь — это полное преобразование природы и хозяйства пустынь на базе комплексного использования «больших вод», т. е. транзитных рек, берущих начало в других климатических областях и протекающих по пустыням. Средняя Азия богата такими реками. Однако воды почти всех рек, питаемых вечными снегами и ледниками Памиро-Алая и Тянь-Шаня, полностью расходуются на орошение. Исключение составляют лишь три самые крупные реки — Аму-Дарья, Сыр-Дарья и Или, несущие, однако, громадные количества еще неиспользуемых вод.

В использовании этих «больших вод» для ирригации за годы Советской власти сделано колоссально много. Площадь орошаемых земель в оазисах и в пустынях возросла почти втрое и непрерывно растет, но перспективы здесь еще грандиозны. Перед советскими людьми стоит задача невиданная — использовать воды этих крупных рек до конца, причем комплексно, т. е. не только для орошения полей, но и для получения гидроэлектроэнергии и широкого обводнения пустынных пастбищ. Когда же реки Средней Азии будут подчинены воле чело-

века полностью, то земли пустынь мы насытим водой в несравненно большей степени за счет более отдаленных сибирских рек.

Первым этапом в деле грандиозного гидротехнического строительства, еще не виданным по размаху и сложности работ, явится создание Главного Туркменского канала Аму-Дарья — Красноводск. Он призван преобразить природу и хозяйство пустыни на пространстве 8,3 миллиона гектаров, т. е. на территории большей, чем многие государства.

В постановлении Совета Министров СССР, опубликованном 12 сентября 1950 года, указано, что на базе Главного Туркменского канала будет осуществлено обводнение до 7 миллионов гектаров пастбищ пустыни Кара-Кум, находящихся в зоне влияния канала, с целью развития в больших размерах животноводства в районах обводнения. Под обводнением пастбищ понимается удовлетворение всех нужд пастбищного животноводства, куда входит не только водопой животных, но и полное обеспечение водой всех потребностей хозяйства. В частности, это обводнение не исключает, а, наоборот, включает и выборочное орошение отдельных участков с целью обеспечения пустынного животноводства высококалорийными кормами.

Может показаться, что орошаемое кормодобывание несовместимо с пастбищным животноводством. Но в постановлении Совета Министров СССР о сооружении Главного Туркменского канала прямо сказано, что одной из задач этого строительства является обводнение пастбищ и дальнейшее развитие кормовой базы для животноводства, т. е. эти понятия выдвигаются как неразрывные.

Народы пустынь веками существовали за счет кочевого животноводства, не знавшего никакого кормодобывания и основывавшегося исключительно на круглогодичном подножном выпасе. Однако во многих областях Средней Азии вместе с тем существовал и другой тип животноводства, сочетавший в себе выпас стад на пустынных пастбищах с содержанием скота в оазисах и использованием кормов, выращенных на поливе. Этот тип животноводства будет значительно расширен в результате строительства Главного Туркменского канала и, в частности, он позволит сильно увеличить поголовье крупного рогатого скота.

Наряду с этим громадное значение придается всемерному развитию чисто пустынного животноводства.

Одна из специфических черт природы пустынь — это крайняя неравномерность выпадения осадков. Характерным был, например, 1951 год, когда в Кара-Кумах была крайне сухая зима и весна, не обеспечившие нормального травостоя. Летом прошел ливень, но он не изменил положения. Зато осенью, в течение октября и ноября выпало двадцать два дождя, давшие две годовые нормы осадков! При подобной неравномерности и временами необеспеченности кормами животноводство не могло полностью использовать пастбищные ресурсы.

Вторым препятствием на пути интенсификации хозяйства стоит неравномерность продукции кормов. В весенние месяцы обычно бывает избыток кормов, в зимний период — острый их недостаток. Заготовка кормов из дикорастущих растений в пустыне мало эффективна. Она производится в основном за счет грубых и малопитательных растений и способна обеспечить корм для животных обычно на срок от 20 до 45 дней. Изменить это положение можно лишь путем создания непосредственно в пустынях (конечно, не на песках, а на участках мелкоземных почв среди песков) земледельческих баз социалистических животноводческих хозяйств. Эти базы должны за счет орошаемого земледелия обеспечивать все поголовье скота высококалорийными кормами на 80—100 дней. До осуществления великих сталинских строек этого нельзя было добиться. Ныне вполне возможно будет в корне изменить кормовой режим животных, интенсифицировать хозяйство, значительно увеличить поголовье скота.

Обводнение даст полную возможность озеленить каждую животноводческую ферму, создать при ней бахчево-огородное, а в будущем и подсобное садовое хозяйство.

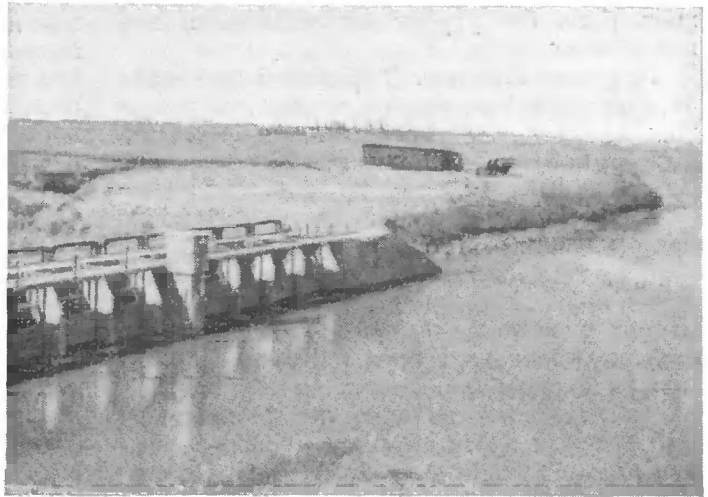
Изжить противоположность между пустыней и оазисом, окружив каждую животноводческую ферму всеми удобствами оазиса и резко повысив продуктивность пустынных пастбищ, — такова благородная задача преобразования пастбищных районов пустынь.

Технические пути обводнения пустынных пастбищ сейчас вырисовываются в следующих чертах. Еще год назад раздавались голоса в защиту так называемого «дикого

обводнения». Указывалось, что вода, выпущенная из каналов в паводок, сама может найти себе путь, создаст участки временного затопления, на которых появятся корма, более продуктивные, чем пустынные. Когда эта точка зрения, влекущая на путь крайнего расширения водных ресурсов и создания участков засоления, была разбита, появились голоса в защиту полного аналогизирования способов обводнения со способами орошения. Такие авторы предлагали создание густой сети открытых каналов через пустыню, длиной в сотню и более километров. Они не учитывали специфичной крайней пересеченности и водопроницаемости песчаных пустынь, по которым должны пройти эти каналы, подвижности песков, неудобств, связанных с зимним замерзанием воды в таких каналах, а также климатических особенностей пустынь, вызывающих громадные потери влаги из-за ее испарения. А между тем основное требование обводнения — это создание на больших территориях равномерной сети точек водопользования, куда вода должна подаваться в любые сезоны года. Иными словами, эти задачи прямо противоположны орошению, где вода должна подаваться в больших количествах на компактные массивы и только в определенный сезон.

Наиболее рациональной системой обводнения на базе каналов великих строек коммунизма должно явиться строительство сети закрытых напорных водопроводов. Это единственный способ подачи воды круглый год в малых количествах на большое число точек, без потерь из-за фильтрации и испарения, без загрязнения и заражения, без аварий вследствие постоянного засыпания песком. Само собой разумеется, местные источники наземных, грунтовых и более глубоких подземных вод должны быть использованы при этом всюду, где они имеются.

Другая цель строительства Главного Туркменского канала — это создание крупнейших массивов орошения, площадью 300 тысяч гектаров на правом берегу низовьев реки Аму-Дарья, 500 тысяч гекта-



Тахиа-Таш

ров на ее левобережье, между низовьями реки и Сарыкамышской впадиной, и 500 тысяч гектаров в Юго-западной Туркмении, вдоль северных и южных подножий Копет-Дага, от г. Кизил-Арвата вплоть до границы с Ираном. По сути дела в этих почти совершенно не используемых районах пустыни будут вновь созданы два громадных края с крупнейшим интенсивным орошаемым земледелием. Одного лишь хлопка здесь будет выращиваться больше, чем в древнейшей хлопководческой стране — Египте с его многочисленным населением.

Однако орошение 1300 тысяч гектаров не явится пределом, так как строительство Тахиа-Ташской плотины открывает громадные перспективы дальнейшей перестройки всего хозяйства в дельте Аму-Дарьи. Дело в том, что изъятие из Аму-Дарьи от одной четверти до одной трети ее вод в Главный Туркменский канал приведет к понижению уровня Аральского моря, что явится благоприятнейшим фактором. Заболоченные тростниковые заросли дельты смогут быть превращены в рисовые поля, основное русло реки резко углубится ниже Тахиа-Ташской плотины, и это улучшит условия судоходства из Аму-Дарьи в Арал. Засоленные ныне земли периферии дельты смогут быть промыты, и понизившиеся грунтовые воды не будут больше препятствовать орошению. Постройка плотины отрегулирует уровень воды в реке, а это впервые позволит оро-

шать поля без угрозы их затопления или недополива.

Значение Главного Туркменского канала определяется тем, что он полностью разрешит проблему водоснабжения промышленных районов Западной и Юго-западной Туркмении.

В своей юго-западной части Туркмения представляет собой приморскую низменность, которая таит в своих недрах громадные количества нефти. Мы эксплуатируем ее не только на тех участках, которые были известны раньше — на Челекене и в Небит-Даге, но и в ряде вновь найденных месторождений. За последние пятнадцать лет появился и вырос новый крупный город — центр туркменских нефтяников — Небит-Даг. Он выстроен не там, где добывается нефть, а в 20 километрах от промысла, у подножья гор Б. Балханов. На это пришлось пойти потому, что промыслы Небит-Даг расположены, как и окружающий их район, на равнине с необычайно неблагоприятными природными условиями. Местность подвержена ураганным ветрам. Высокие взгромождения голых песков сочетаются здесь с солончакками. Зарастить пески не удавалось, так как они смешаны с солью. Устройство механических защит привело лишь к накоплению песчаных полей. Не было возможности предохранить новые возникающие промыслы от туч соленой пыли и песка. Воды Аму-Дарьи, проведенные по Главному Туркменскому каналу, позволят полностью преобразовать эту самую злостную пустыню и создать в ней нормальные условия жизни. Солончаки перестанут выносить тучи пыли, а пески будут превращены в черносаксауловые леса. Вокруг промыслов и поселков

появятся лесные массивы, а все южное подножье Б. Балханов на площади 27 тысяч гектаров превратится в зону пригородного хозяйства. Пустыня станет совершенно неузнаваемой даже в этом районе, где титаническая работа ветра привела к созданию голых барханных скоплений песка высотой больше 70 метров!

О размахе работ по преобразованию природы в связи со строительством Главного Туркменского канала ярко свидетельствует и тот факт, что в пустыне, в основном на песках, будет насажено 500 тысяч гектаров леса. Уже через шесть лет хозяйство новых районов получит дешевую гидроэнергию со станций, которые будут созданы в безводных пине пустынях.

\* \* \*

Главный Туркменский канал многообразно преобразит пустыню на громадных пространствах. Однако это будет не венец деяний советских людей, а лишь первая великая победа на пути дальнейших работ, направленных на полное преобразование природы и хозяйства пустынь.

Создание Большого Каракумского канала подаст воды Аму-Дарьи в необеспеченные влагой низовья Мургаба, Теджена и на подгорные равнины северных подножий Копет-Дага. Строительство правобережного канала позволит теми же водами Аму-Дарьи обеспечить орошение в низовьях Кашка-Дарьи и Зеравшана. Сооружение ряда плотин в бассейне Сыр-Дарьи даст возможность полного использования ее вод. Так будут идти освоение и преобразование пустынь в нашей стране по тому пути, который указал нам великий Сталин.



---

# О ПРОГНОЗЕ МЕСТ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ И ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

---

*И. Е. Губин*



В пределах Советского Союза почти ежегодно происходят сильные землетрясения. Они возникают в различных пунктах южных областей — от Карпат до Камчатки включительно. Проявляются эти землетрясения не везде с одинаковой силой, разрушения они вызывают только вблизи мест своего возникновения. Поэтому выявление в сейсмических областях мест, которым угрожают или не угрожают в будущем сильные подземные толчки, весьма важно для проведения специальных мер при строительстве.

Еще в древнее время существовало представление о возможности повторения сильных землетрясений в тех местах, где они были отмечены. Об этом свидетельствует антисейсмическое укрепление строений, сохранившихся до нашего времени. Сведения об этих бывших тогда подземных толчках не дошли до нас, за исключением отдельных случаев. О причинах землетрясений в то время имелись мало обоснованные догадки.

С прошлого столетия площади распространения зарегистрированных сильных землетрясений начали наносить на карты. Примером может служить первая сводная карта землетрясений территории нашей страны, составленная в 1890 году А. П. Орловым и И. В. Мушкетовым. Она включает сейсмо-статистические данные примерно с середины XVIII столетия.

В дальнейшем, с начала нынешнего столетия, стали составлять карты, названные в одних случаях сейсмическими, в других — сейсмического районирования или сейсмической деятельности. На них в пределах изучаемых сейсмических областей выделены площади, в которых возможны в будущем сильные землетрясения или в которых они не произойдут. К первым из них попрежнему причислены места зарегистрированных сильных землетрясений, ко вторым — зоны слабых толчков и места, откуда сведения не поступали. Материалами для этих карт служили статистические данные, которые в большинстве своем собирались за небольшие периоды времени. У нас в СССР детальные сведения собраны по многим районам за 50—150 лет. Так составлены карты А. Зиберга, Д. И. Мушкетова, Н. И. Ботвинкина, Г. В. Попова, К. Морелли, Г. П. Горшкова и другие.

Метод составления этих карт, названный сейсмостатистическим, состоит в выяснении площадей распространения зарегистрированных землетрясений различной силы и нанесении их на карты. Способ нанесения у разных авторов неодинаков. Обычно зоны сильнейших сотрясений обозначаются в виде обособленных овалов, которые окружены полосами меньшего сотрясения. Последнее у близко расположенных землетрясений обобщаются и в некоторых случаях

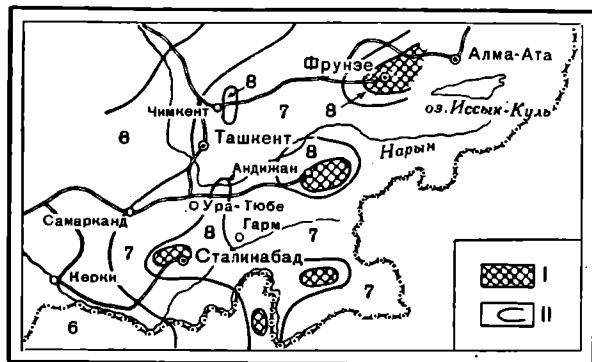


Рис. 1. Карта возможных наибольших землетрясений в Средней Азии. По Г. В. Попову, 1932. I — площадь девятибалльного сотрясения; II — линии, ограничивающие зоны одинакового сотрясения

экстраполируются в виде связующих рукавов с площадями более удаленных подземных толчков. Такие связующие рукава или зоны на некоторых картах механически расширены и занимают крупные площади.

Простейшей картой этого типа является карта Средней Азии Г. В. Попова (рис. 1). На этой карте в центральной и южной частях изображены в виде небольших овалов площади распространения трех разрушительных девятибалльных землетрясений, зарегистрированных до 1932 года. Они окружены плавно изогнутой линией, которая ограничивает обобщенную расширенную связующую восьмibalльную зону. Территория вне ее причислена к семibalльной зоне и ниже. На карте немецкого сейсмолога А. Зиберга (рис. 2) площади зарегистрированных землетрясений силой 8—9 баллов даны также обособленно; окружающие их участки, в которых сотрясения были силой 6—7 баллов, слиты и образуют вследствие этого неправильные полосы.

Разрывы на карту нанесены формально, они к сейсмостатистическим данным ничего не добавляют.

Анализ сейсмостатистических карт районирования показывает, что они основаны на двух допущениях. Первое допущение: землетрясения на зарегистрированных местах повторяются с той же силой. Второе допущение: сильные подземные толчки в местах, где они не отмечались, в будущем в сейсмических областях не возникнут. Рассмотрим эти допущения.

Можно считать установленным, что сильные землетрясения возникают преимущественно в периодически действующих очагах. Вследствие того, что даты их повторения неизвестны, приходится полагать, что они могут возникнуть в любой момент. Таким образом, первое допущение исходного положения статистического метода: «землетрясения на зарегистрированных местах повторяются, и с той же силой», является до некоторой степени обоснованным, но только в том случае, если установлено, что для данных мест были зарегистрированы типичные сотрясения высшего балла. Между прочим, при статистическом районировании такие определения не делаются.

Второе допущение этого же метода: «сильные подземные толчки в местах, где они не отмечались, в будущем, в сейсмических областях, не возникнут», не может быть признано правильным, так как по существу оно ничем не обосновано. Согласно же геологическим данным, в рядетаких мест, занимающих обширные площади сейсмических районов, находится много периодически действующих очагов, в которых за время сбора сейсмостатистических сведений сильные землетрясения не происходили и поэтому они не учтены, но с течением времени подземные толчки в них возникают.

В частности, за последние десятилетия на территории Советского Союза сильные землетрясения возникали большей частью в незарегистрированных очагах, расположенных в зонах, которые на статистических картах отнесены к безопасным. Повторение же разрушительных землетрясений в ранее отмеченных местах наблюдалось относительно редко и лишь в некоторых из них, большей частью в тех, в которых возникают относительно слабые подземные толчки, например, типа привахшских (см. ниже).

Это, повидимому, объясняется неравномерностью проявления тектонических движений, которые обычно и являются причиной землетрясений, а также и тем, что в очагах зарегистрированных землетрясений напряжения разрядились, в таких же незарегистрированных очагах они подходят к стадии разрядки. Именно в таких очагах в ближайшие периоды времени возможно возникновение большинства сильных подземных толчков.

В качестве примера отметим, что в 1890 году, когда А. П. Орлов и И. В. Мушкетов

составили карту землетрясений территории нашей страны, в Таджикистане и Туркмении сильные подземные толчки были неизвестны. В последующее же время там возникло в различных местах 25 разрушительных землетрясений. С 1932 года в Средней Азии и Туркмении произошло девять сильных землетрясений, как раз в тех местах, которые на картах, составленных Г. В. Поповым, Д. И. Мушкетовым и Г. П. Горшковым, были отнесены к практически безопасным зонам. И только три землетрясения, помимо упомянутых, были повторными.

Сейсмостатистические карты районирования во многих случаях не оправдали себя потому, что построены они на весьма недостаточном материале, без изучения в данных районах тектонических процессов, вызывающих подземные толчки. Некоторые авторы, как, например, В. В. Попов, в объяснительных записках к статистическим картам вообще не затрагивают вопроса генезиса землетрясений. Д. И. Мушкетов хотя и отмечает, что землетрясения во многих случаях, вероятно, связаны с разрывами, но совершенно не учитывает это при своих построениях и пользуется только статистическими данными. Американский ученый Э. Тиллотсон писал в 1940 году, что прогнозировать места возникновения будущих сильных землетрясений можно только там, где они ранее регистрировались. Иные пути при настоящем развитии науки безумны (!).

В 1947 году Г. П. Горшков высказывал мнение о том, что «мы не имеем права» принимать во внимание активные геологические структуры и разрывы, если непосредственно по ним в данных местах сильные подземные толчки не отмечались<sup>1</sup>.

Ранее высказанные, в частности в 1872 году А. П. Орловым, предположения о связи сильных подземных толчков с поднятиями и разрывами в земной коре или о приуроченности к последним, как, например, выяснил Л. А. Варданьянц для Кавказа, стали считаться спорными. Одним из оснований для этого служило то, что эпицентры многочисленных сильных землетрясений, происшедших позднее и определенных инструментальным путем, правда, с большими ошиб-

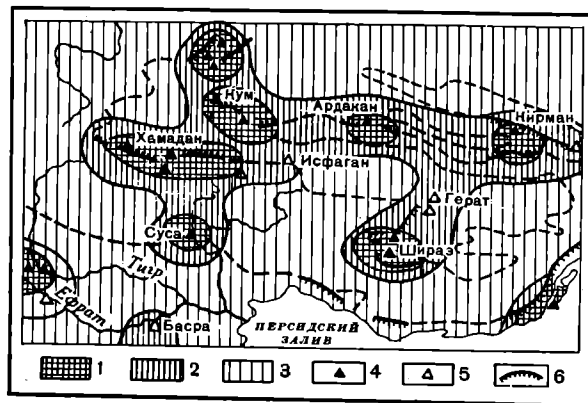


Рис. 2. Карта сейсмического районирования (сейсмичности) Южного и Центрального Ирана. По А. Зибергу, 1932. 1 зона 9-8 баллов; 2 — 7-6 баллов; 3—5-4 балла; 4 — разрушенные селения; 5 — неразрушенные селения; 6 — разрывы

ками, не совпадали с разрывами. Очаги многих таких землетрясений, например в Таджикистане, определялись также с большой ошибкой на глубине свыше 60 километров, т. е. вне структур земной коры.

Проведенное автором за последние 20 лет детальное изучение геологических предпосылок и площадей распространения 18 сильных землетрясений в Таджикистане<sup>1</sup> показало, что эти землетрясения имеют неглубокие очаги — в пределах земной коры и непосредственно связаны с современными дифференцированными тектоническими движениями, последствия которых отчетливо выражены на земной поверхности. Это вызвало необходимость пересмотреть на базе полученных представлений и новых геологических данных соответствующие сейсмостатистические материалы и по другим районам Советского Союза. Полученные выводы, опубликованные автором в 1947 и 1950 годах, подтверждают и развивают идеи старых русских ученых А. П. Орлова и других.

В настоящее время можно считать установленным, что разрушительные землетрясения происходят не в любых местах, а в районах интенсивного проявления дифференцированных тектонических движений — в зонах контакта относительных поднятий

<sup>1</sup> Г. П. Горшков. Землетрясения Туркмении. Труды Сейсмологического института АН СССР, № 122, 1947, стр. 37—42, 44—45.

<sup>1</sup> И. Е. Губин. Сейсмотектонический метод сейсмического районирования. Труды Геофизического института АН СССР, № 13 (140), 1950.

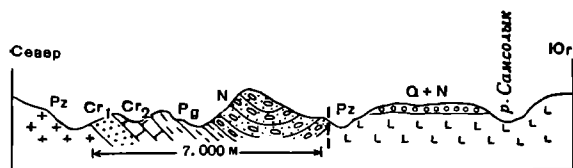


Рис. 3. Геологический профиль (разрез верхней части земной коры) в пределах южного склона Гиссарского хребта. Полевая зарисовка И. Е. Губина. К разрыву (обозначен пунктирной линией) было приурочено сильное землетрясение

и опусканий различных участков (структур) земной коры.

На территории СССР (на Кавказе, в Средней Азии, Сибири и т. д.) разрушительные землетрясения возникают обычно в пределах земной коры<sup>1</sup>, преимущественно до глубины 25—30 километров. Там, где достаточно точно определены эпицентральные зоны таких землетрясений (т. е. участки земной поверхности, расположенные над их очагами) и выяснено геологическое строение местности, отмечается линейность эпицентральных зон; приуроченность их к разрывам, по которым происходят движения при дифференцированных поднятиях или опусканиях прилегающих структур земной коры (рис. 3).

Подземные толчки с более глубокими очагами редко и лишь в некоторых областях достигают на земной поверхности значительной силы. В Советском Союзе такие землетрясения известны, например, на Дальнем Востоке, где они преимущественно происходят на стыке континента с океанической впадиной.

Рассмотрим кратко имеющийся фактический материал. В Таджикистане сильные землетрясения в 15 случаях из 18 были отмечены на ранее не зарегистрированных местах. Их эпицентральные зоны располагались в различных активных тектонических зонах, а очаги — преимущественно в верхней части земной коры.

Первая из упомянутых тектонических зон характеризуется резкой контрастностью движений. Она включает почти широтно вытянутую окраину крутого и высокого

<sup>1</sup> Толщина земной коры (верхней оболочки земного шара) в настоящее время исчисляется на территории СССР в 50—60 километров, в Охотском море — до 70 километров и, возможно, несколько больше.

южного склона Гиссарского хребта (восточнее Алайского хребта и Кокшаал-тау). Вдоль нее проходит цепь почти вертикальных разрывов. По ним то в одном участке зоны, то в другом происходят движения, обусловленные поднятием этих хребтов, сложенных плотными древними (палеозойскими) породами. В пределах этой зоны возникали 8- и 9-балльные землетрясения, названные гиссарскими. К числу их относятся: Каратагское 1907 года, Чуянчинское этого же года, Файзабадское 1943 года, Гармское 1941 года, Хаитское 1949 года, Иркештамские и другие. Площади наибольших разрушений этих землетрясений располагались вдоль линий разрывов и имели максимальную длину до 50—60 километров при ширине 10—15 километров. Их очаги, вероятно, находились на глубинах до 10—25 километров. В южных предгорьях хребта Кокшаал-тау были зарегистрированы разрушительные землетрясения вблизи Кашгара в 1902 году и Аксу в 1716 году.

Вторая тектоническая зона находится уже в предгорном памирском прогибе и приурочена к его северному краю, включающему северные склоны хребта Петра I, горы Сурхку, Тианские и другие. Они сложены относительно пластичными мощными молодыми мезозойскими и третичными толщами, собранными в сложные поверхностные складки, дисгармоничные к подстилающим породам. В них развиты разрывы-надвиги, по которым происходят движения масс вблизи земной поверхности. В пределах настоящей зоны возникали разрушительные землетрясения, силой 9 и менее баллов, названные привахшскими. К их числу относятся: Дейшинские 1930 и 1943 годов, Кафдонское 1943 года, Гашионское 1947 года, Каратегинские 1895 и 1939 годов, Сафидоуское (начало текущего столетия) и другие. Площади наибольших разрушений данных землетрясений располагались вблизи линий разрывов, на надвинутых участках земной коры, имели среднюю длину до 10—15 километров и ширину 2—3 километра, местами немного больше. Глубина очагов была до 3—6 километров (в пределах глубины залегания мезозойских и третичных толщ).

Таким образом, привахшские землетрясения отличаются от гиссарских меньшей глубиной очагов, относительно меньшей си-

лой и вместе с тем небольшими площадями распространения, что соответствует тектоническим процессам. Их очаги располагаются в пределах вышеупомянутых небольших нарушенных поверхностных складок, испытывающих местные смещения, тогда как очаги гиссарских подземных толчков приурочены к местам глыбовых движений больших жестких участков земной коры.

В пределах третьей тектонической зоны возникают землетрясения, названные средне-хигоускими, в четвертой они того же характера, что и в Гиссарском хребте.

Районы Северного Памира и Афганистана (Гиндукуша) в течение длительных геологических эпох преимущественно поднимались, а участки, расположенные севернее, — опускались. Амплитуда движения достигла 15—17 километров. Это дает основание полагать, что разрывы, развитые здесь в зоне стыка участков поднятия и опускания, достигают больших глубин. В настоящее время в районах этих разрывов, согласно данным сейсмической службы, возникают, как и следовало ожидать, землетрясения на больших глубинах до 150—200 километров. На земной поверхности разрушений они не вызывают.

Рассмотрим землетрясения в других районах. В Северном Тянь-Шане с конца прошлого столетия было отмечено пять разрушительных землетрясений (рис. 4), возникших в ранее не зарегистрированных местах, в пределах хребтов Киргизского, Заилийского Ала-тау и Кунгей Ала-тау. Последние представляют собой мощные современные поднятия, нарушенные крутыми, преимущественно продольными, разрывами.

Верненское землетрясение 1887 года было приурочено, по данным И. В. Мушкетова, к северному склону хребта Заилийского Ала-тау. Его эпицентральная зона располагалась вдоль хребта в районе, где в то время произошли движения по разрывам, следы которых наблюдались на земной поверхности. Вдоль этих разрывов и были наибольшие разрушения.

Тяншаньское землетрясение 1911 года возникло, по данным К. И. Богдановича, в Кеминской долине, отделяющей хребет Заилийского Ала-тау от Кунгей Ала-тау. Площадь вызванных им наибольших разрушений находилась в зоне, где по разрывам,

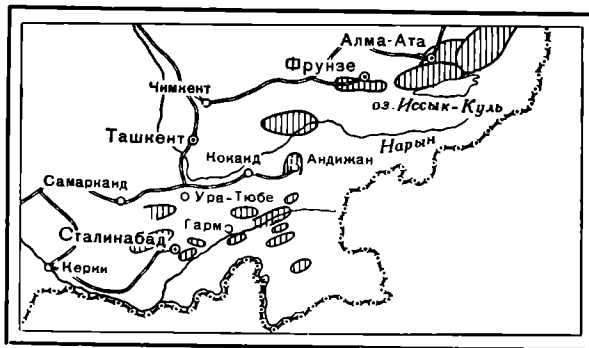


Рис. 4. Карта землетрясений силой до 8—9 и более баллов, происшедших в Средней Азии с 1885 по 1949 год

имеющим протяженность до 150 километров, произошли движения. Следы этих движений сохранились на земной поверхности и достигают амплитуды 2—3 метров, а местами 5—7 метров.

Кемино-Чуйское землетрясение 1938 года имело эпицентр в устье реки Большой Кемин, где около разрывов наблюдались нарушения рельефа.

Беловодское землетрясение 1885 года возникло в основании северного склона Киргизского хребта. Его площадь была вытянута вдоль развитых здесь продольных разрывов. На земной поверхности произошло, по данным И. В. Игнатьева, образование трещин длиной до 20 километров (рис. 5). Чиликское землетрясение 1889 года, возможно, было приурочено к разрывам, ограничивающим долину верхнего течения реки Чилик.

В Тувинской автономной области было зарегистрировано в 1905 году в хребте Танну-Ола два разрушительных землетрясения, во время которых (как выяснил А. В. Вознесенский) произошли смещения земной поверхности по двум параллельным разрывам северо-восточного простирания, длиной более 200 километров. Эти движения по разрывам, вероятно, и обусловили данные подземные толчки.

В Прибайкальской области отмечено пять восьми- и девятибалльных землетрясений, связанных с молодыми восточносибирскими грабенами, т. е. опущенными участками, ограниченными разрывами. К таким участкам относятся озеро Косогол, Тункинская впадина и Байкальское озеро.

Три из упомянутых землетрясений произошли в широтно вытянутой Тункинской впадине. Последняя с севера ограничена крутым разрывом, недавние движения по которому привели к образованию очень крутого склона высотой до 2 километров. Разрывы имеются и по южному краю впадины. Площадь наибольшего разрушения подземного толчка, возникшего здесь в 1814 году, была вытянута в широтном направлении вдоль восточной части впадины, а площадь землетрясения 1829 года — вдоль ее западного окончания, т. е. оба землетрясения приурочивались к молодым разрывам. Такого же характера было Мондинское девятибалльное землетрясение 1950 года; его эпицентр был приурочен к основанию северного склона западной части впадины (Мондинской котловины).

В районе озера Байкал отмечено два разрушительных подземных толчка, оба на его восточном берегу. При Кударинском землетрясении 1862 года силой 9 баллов произошло опускание на 8 метров части восточного берега озера, в устье реки Селенги, на площади около 200 квадратных километров.

Подобные примеры приуроченности разрушительных землетрясений к активным участкам (геологическим структурам) земной коры, испытывающим движения по разрывам, можно продолжить и по другим районам.

При изучении сильных землетрясений устанавливается в общем соответствие характера подземных толчков с различными геологическими структурами, в частности, с составом слагающих их пород и формами проявления современных тектонических движений. Иными словами, в различных по генезису и истории развития структурах возникают характерные для них сильнейшие землетрясения.

Как уже упоминалось, в южных районах Средней Азии подземные толчки делаются на гиссарские, прывахские, среднехингусские и афганские (в Гиндукуше) по характеру проявления и приуроченности к разнородным структурам. Они различаются относительной силой, глубиной очагов, размерами площадей распространения, ее ориентировкой и частотой повторения. Специфический характер имеют северотяньшаньские

подземные толчки, при которых во многих случаях происходят движения по разрывам у земной поверхности.

Известные нам землетрясения чаще возникали в районах, где тектонические движения по разрывам наиболее активны, что в ряде случаев зависит от состава нарушаемых пород и характера структуры. К числу особенно активных территорий относятся многие участки Средней Азии, в том числе ряд зон в Гармской области.

Проведенное в Геофизическом институте в 1951 году новым методом<sup>1</sup> изучение сейсмограмм многих подземных толчков показало, что в их очагах происходили определенно ориентированные дислокации. При Гармском землетрясении 1941 года смещение в очаге, в глубине земной коры, было ориентировано в почти широтном направлении, что соответствует простиранию развитых здесь разрывов, выходящих на земную поверхность. Смещения в очаге разрушительного Чаткальского землетрясения 1946 года согласуются с геологическими материалами о положении поверхности Таласо-Ферганского разрыва.

В Гармской области в Гиссарском хребте поверхности дислокаций в очагах многочисленных слабых подземных толчков были ориентированы в северо-восточном и северо-западном направлениях, что соответствует направлению разрывов в данных местах. В хребте Петра I они ориентированы уже иначе — в юго-западном направлении, т. е. в соответствии с развитыми здесь складками и разрывами, выходящими на земную поверхность.

Крайне интересны результаты работ по определению очагов и эпицентров многочисленных слабых землетрясений при помощи региональных сейсмических станций, в том числе высокочувствительных временных станций, устанавливаемых в эпицентральных зонах.

Эти работы проведены за последние два года Геофизическим институтом в Гармской области, в зоне трассы Главного Туркменского канала, и в Закавказье. Они также показали связь подземных толчков с конкретными активными геологическими струк-

<sup>1</sup> Автор этого метода — молодой советский ученый В. И. Кейлис-Борок.



турами; в Гармской области, где обнажаются активные разрывы, очаги и эпицентры располагались в зонах последних.

Изложенные выше материалы дали основание полагать, в качестве рабочей гипотезы, что разрушительные землетрясения не только связаны с местами проявления дифференцированных тектонических движений по разрывам, но, вероятно, и вызываются этими движениями. Характер же землетрясения зависит от формы тектонических движений, типа геологической структуры и состава слагающих ее пород. В местах, где по геологическим материалам интенсивные движения не происходят, как, например, во многих платформенных районах, сильные землетрясения не возникают.

Исходя из данной гипотезы, в 1948 году в Геофизическом институте Академии Наук СССР было предложено изучение тектонических процессов положить в основу составления карт прогноза мест возникновения сильных землетрясений, т. е. в основу сейсмического районирования. Статистический принцип заменил генетическим<sup>1</sup>.

Составление таких (генетических) карт прогноза мест землетрясений было названо сейсмогеологическим картированием, а карты — сеймотектоническими. Это название дано потому, что карты строятся на основе выяснения тектонических условий возникновения землетрясений в каждом данном районе. На них в сейсмических областях к местам возникновения сильных землетрясений причисляются зоны нахождения активных (сейсмогенетических) разрывов, связанных с участками земной коры, испытывающими дифференцированные тектонические движения. Остальные места, удаленные от таких разрывов, причисляются к безопасным.

Структуры, в которых возникают сильные землетрясения, выявляются при изучении в историческом разрезе процесса тектонического развития земной коры и современных тектонических движений в каждом районе.



Рис. 5. Трещина в лессовидных суглинках, образовавшаяся на земной поверхности при девятибалльном землетрясении в Средней Азии. Такие же трещины образовались при землетрясении 1885 года

В простейшем случае к сейсмогенетическим структурам причисляются те структуры, которые имеют следы недавних больших дифференцированных движений, связанных с последним современным этапом их развития, и где ныне эти движения продолжают, сопровождаясь перемещениями по разрывам. К числу последних относятся как разрывы, выходящие на земную поверхность, так и предполагаемые в глубине земной коры. К участкам вероятного возникновения землетрясений также причисляются места, в которых может возникнуть новый разрыв (значительной длины), в соответствии с особенностями протекающего тектонического процесса<sup>1</sup>.

Следует отметить, что наиболее часто движения по разрывам и землетрясения происходят вдоль стыков разнородных геологических структур, испытывающих дифференцированные движения, затем внутри этих структур (вдоль контактов разнородных тектонических зон) и т. д.

В случае неясности возраста и интенсивности тектонических движений в изучае-

<sup>1</sup> Возможность образования в текущее время новых разрывов и сильных землетрясений по ним является теоретическим допущением, соответствующих доказанных примеров которого мы еще не имеем. Вследствие относительной медленности изменения форм развития земной коры тектонические движения и землетрясения происходят в течение тысячелетий преимущественно по старым разрывам, новые же крупные разрывы в указанные сроки образуются чрезвычайно редко.

<sup>1</sup> И. Е. Губин. Землетрясения в Гармской области. Труды Геофизического института АН СССР, № 8 (135), 1949, стр. 4.

мом районе решение вопроса облегчается хотя бы небольшими сейсмостатистическими данными. Например, если по одному или нескольким разрывам какого-либо небольшого участка структуры, которая может иметь протяженность до сотен километров, было зарегистрировано сильное землетрясение, то можно полагать, исходя из цельности процессов развития структур, что как по данному разрыву, так и по другим нарушениям, если они находятся в одинаковых геологических условиях, происходят ныне движения и возникают землетрясения, характерные для изучаемой территории.

Большое значение при определении сейсмогенетичности разрывов имеет выявление мест, в которых возникают слабые подземные толчки, и выяснение характера дислокаций в их очагах при помощи высокочувствительных сейсмографов. Такие слабые толчки, как выяснилось за последние два года исследований, свидетельствуют об активности структуры и связанных с ней разрывов. Сейсмические явления — хороший показатель тектонических движений. При детальном районировании необходимо сейсморазведкой определять геологическое строение на глубине.

Относительная сила и площади распространения возможных в будущем разрушительных землетрясений определяются посредством сейсмогенетической классификации различных структур, т. е. путем выяснения, какие типичные сильнейшие землетрясения свойственны последним, подобно тому как это сделано в Таджикистане. Сравнительная частота повторения сильных подземных толчков выясняется по интенсивности современных тектонических движений. Конечно, статистические данные учитываются при составлении сейсмотектонических карт, дополняя их. Особенностью же сейсмотектонических карт является то, что на них изображаются места возникновения и площади распространения будущих сильных подземных толчков, причем в большинстве случаев в участках, где ранее они не регистрировались. В этом заключается их коренное отличие от статистических карт, на которых нанесены только площади бывших землетрясений, зарегистрированных в среднем лишь за последние 50—100 лет.

Время возникновения землетрясений при составлении сейсмотектонических карт не определяется, но так как эти карты основаны на анализе современных тектонических движений, то можно полагать, что в найденных сейсмогенетических структурах в любой момент может возникнуть подземный толчок. По сравнению со статистическими картами здесь все же этот вопрос учитывается полнее, во-первых, потому, что там к местам возможных в будущем землетрясений причисляются районы уже разрядившихся очагов, здесь же учитываются многие очаги, в которых напряжения достигают степени разрядки. Во-вторых, как отмечалось выше, при сейсмотектоническом районировании учитывается и относительная интенсивность современных тектонических процессов в изучаемом месте.

Поднятия и опускания отдельных участков земной коры, в том числе связанные с ними движения по разрывам, вызывающие землетрясения, имеют в каждом данном сейсмическом районе длительную историю и постоянную общую направленность в течение относительно больших отрезков времени. Движения как небольшой, так и значительной амплитуды, происходили в одних и тех же местах в течение тысячелетий. Поэтому последствия суммы этих движений, происходивших на различных глубинах, даже весьма больших, отображаются на земной поверхности в виде изменения рельефа, нарушения геологических пластов, в изменении режима осадконакопления и т. д.

В горных районах, где поднятия значительны, все эти последствия выражены достаточно отчетливо. Большинство активных разрывов и сложных тектонических зон, связанных с нарушениями на больших глубинах, в том или ином виде выходят на земную поверхность. На прилегающих равнинах обычно преобладают относительные опускания, происходит накопление осадков и соответствующие геологические структуры перекрыты молодыми ненарушенными слоями.

Поэтому в упомянутых горных обнаженных районах сейсмотектонические карты могут составляться по геологическим, геоморфологическим и сейсмостатистическим данным, дополняющим друг друга; большую помощь могут оказать и геофизические исследования. В таких условиях можно выявить большинство мест возникновения сильных под-

земных толчков. Места возникновения поверхностных разрушительных землетрясений, связанных с отдельными разрывами, определяются с точностью до нескольких километров. Места более глубоких подземных толчков, связанных со сложными тектоническими зонами, выявляются менее точно. Конечно, места сильных землетрясений, очаги которых находятся на больших глубинах, вне всякой связи со структурами верхней части земной коры, определяться еще не могут.

Имеется принципиальная возможность проводить сейсмогеологическое картирование, в частности определять, места возникновения землетрясений и на некоторых предгорных равнинных участках, покрытых молодыми ненарушенными осадками, при помощи специальных геофизических исследований, в том числе разведочных, для выяснения характера структур на глубине.

Соответствующие опытные работы в таких условиях еще не проводились, для ряда же горных районов юга Средней Азии — Гармской, Сталинабадской, Термезской и других областей — опытные сеймотектонические карты уже составлены.

На сеймотектонической карте Гармской области (рис. 6) показаны условными линиями выявленные сейсмогенетические разрывы, выходящие на земную поверхность. Они указывают конкретные места возникновения будущих землетрясений. Вокруг них обозначены площади распространения сотрясений различных баллов, свойственных сильнейшим подземным толчкам, типичным для структуры, к которой приурочен разрыв. Площади сотрясения однозначного балла соседних землетрясений, в случае их соприкосновения, слиты. Предполагаемые активные разрывы, скрытые в земной коре, показаны в виде точечных полос, они обозначают эпицентральные зоны возможных в будущем землетрясений. Вокруг этих зон также показаны площади распространения типичных для них сильнейших подземных толчков. Было выяснено, что в ряде мест, в частности, вдоль основания южного склона Гиссарского хребта, возможно образование и новых разрывов.

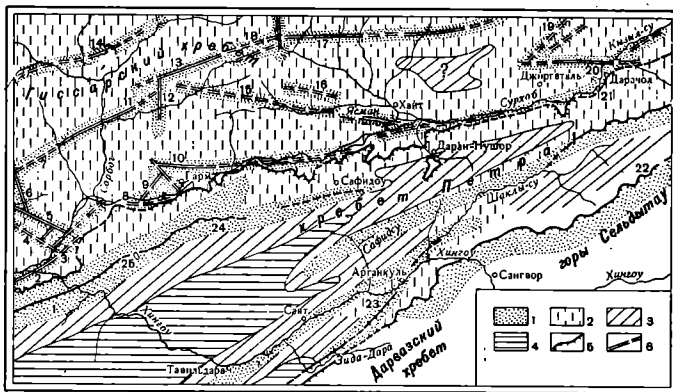


Рис. 6. Сеймотектоническая карта сейсмического районирования территории Гармской области Таджикской ССР. Составлена И. Е. Губиным в 1948 году. 1 — эпицентральные зоны возможных в будущем землетрясений силой до 8—9 баллов и зоны сотрясения указанных баллов; 2 — зоны распространения восьмибалльных сотрясений; 3 — семибалльных, 4 — шестибалльных; 5 — линии сейсмогенетических разрывов в хребте Петра I; линия 2, 21 — фронтальная часть Выхского тектонического покрова — сейсмогенетична; 6 — линии сейсмогенетических разрывов в Гиссарском хребте

Как вытекает из сказанного, сейсмогеологическое картирование не сводится к трассировке активных разрывов, выходящих на земную поверхность, а состоит в том, что определяется комплекс проявлений тектонических процессов, могущих вызвать подземные толчки.

Карта прогноза мест сильных землетрясений Гармской области была составлена в 1948 году. В последующее время, в пределах последней, в участках, где ранее возникновение сильных землетрясений не регистрировалось, а положение очагов слабых подземных толчков, определенных далекими сейсмическими станциями, было неясно, произошло два сильных землетрясения — Хаитское 1949 года и Тавильдаринское 1950 года. Места их возникновения, сила и площади распространения совпали с данными упомянутой выше карты (рис. 6 и 7). Точность совпадения эпицентральных зон оказалась в пределах от 1 до 2 километров. Эпицентральная зона Хаитского землетрясения расположилась вдоль долины реки Сурхоб. Последняя была выделена при помощи сеймотектонического метода при составлении карты, как особо сейсмическая в данном районе, хотя в ее пределах возникновение землетрясений ранее не отмечалось.

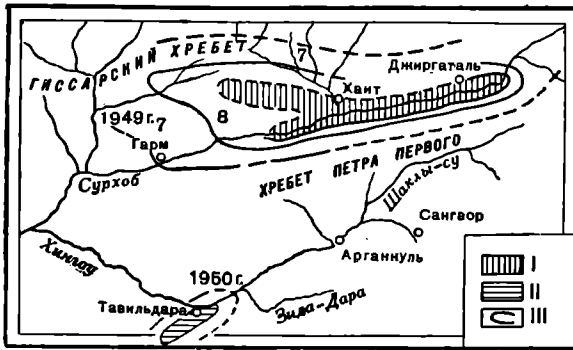


Рис. 7. Схематическая карта сильных землетрясений, происшедших в Гармской области Таджикской ССР в 1949 по 1951 год включительно. Составил И. Е. Губин в 1951 году. I — зона 9 баллов; II — 7-8 баллов; III — линии, ограничивающие площади одинакового сотрясения

Таким образом, на протяжении двух лет сейсмотектоническим методом был дважды осуществлен прогноз землетрясения, с учетом трех элементов: места возникновения, силы и площади распространения.

Тавильдаринское землетрясение возникло в зоне, где на земной поверхности нет следов тектонических нарушений, а пласты пород лишь полого изогнуты. Но под ними, на глубине 3—5 километров, было предположено существование сейсмогенетического разрыва и допущено, что по нему в будущем возможно возникновение сильного подземного толчка.

Инструментально определенный очаг Тавильдаринского землетрясения совпал с предполагаемым местонахождением этого разрыва.

Глубина очагов возможных сильных землетрясений в долине реки Сурхоб предполагалась до 15—25 километров. Очаг Хаитского землетрясения по инструментальным данным был определен сотрудиниками Геофизического института Академии Наук СССР в пределах указанной глубины, максимум до 33 километров.

Совпали также с несколькими другими эпицентрными зонами сейсмотектонической карты Гармской области эпицентры многочисленных слабых землетрясений,

возникших в 1949—1950 годах и определенных на месте инструментальным путем.

Выделенные при составлении опытных сейсмотектонических карт Гармской, Сталинабадской и Термезской областей зоны различной балльности не соответствуют обобщенной статистической карте районирования, составленной Г. П. Горшковым в 1949 году. В пределах механически расширенной связующей восьмibalльной зоны этой карты установлены участки большей и меньшей балльности, а в семibalльных районах — участки восьми- и даже девятибалльные.

Таким образом, составление сейсмотектонических карт приводит не к сплошному увеличению балльности изучаемых территорий, по сравнению с имеющимися обобщенными сейсмостатистическими картами районирования, а к их дробному расчленению и к выявлению большого количества ранее незарегистрированных очагов. Вследствие этого сейсмотектонические карты дают возможность целесообразнее, чем раньше, планировать антисейсмические мероприятия при строительстве. В областях возникновения поверхностных землетрясений сейсмотектоническое районирование может быть весьма детальным. Там же, где происходят подземные толчки с более глубокими очагами, деятельность районирования понижается.

Принятие активной геологической структуры в качестве основы сейсморайонирования дает и одно из возможных направлений для решения проблемы определения времени землетрясения. Путь к разрешению этой проблемы — изучение процесса тектонического развития структур и характерных геофизических явлений, вероятно, свойственных различным стадиям этого процесса, включая момент, когда напряжения достигают разрушающего уровня.

Составление сейсмотектонических карт, основанных на принципах, изложенных в настоящей статье, было впервые применено на практике в Средней Азии, в Гармской области, в 1948 году. Как каждое картирование, оно связано со многими научными дисциплинами; например, геологическое картирование опирается на петрографию, минералогию, палеонтологию и т. д. Результаты соответствующих исследований обобщаются при составлении геологических карт. Сейсмогеологическое картирование использует результаты геодезических, геоло-

гических, геофизических, сейсмостатистических и других исследований, в том числе работ по изучению геологических предпосылок землетрясений. Специфический способ обобщения результатов данных исследований для составления карт прогноза мест возникновения разрушительных землетрясений был назван автором сеймотектоническим методом. В его основе лежит исторический подход к сейсмическим явлениям, возникающим вследствие тектонических процессов.

Физическая сторона сейсмических явлений изучена еще недостаточно, но тесная связь последних с геологическими процессами все же дала возможность наметить пути для геологического обоснования карт сейсмического районирования, в частности, выявить путь для определения мест возникновения разрушительных землетрясений и разработать основные положения соответствующего метода. При помощи его уже возможно составлять карты прогноза большинства пунктов возникновения обычных сильных подземных толчков на многих обнаженных горных и предгорных территориях.

Как уже упоминалось, сеймотектонические карты пока составлены только для южных горных областей Средней Азии и сейсмический метод не был испытан в других сейсмических районах. Не все вопросы такого картирования еще разрешены.

Дальнейшая разработка сеймотектонического метода и принципов сейсмогеологического картирования возможна на основе изучения геологических предпосылок землетрясений и составления опытных карт районирования различных областей СССР с разным тектоническим строением, в том числе и равнинных территорий, закрытых молодыми ненарушенными отложениями.

Вследствие большого строительства в сейсмических областях территории СССР, необходимо скорейшее составление сеймотектонических карт, в первую очередь в местах, где создаются крупные сооружения.

Статистические исследования сыграли положительную роль в познании сейсмических явлений. Сейсмогеологическое картирование является следующим этапом в этом отношении, вытекающим из всей суммы предыдущих работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

Л. А. Варданянц. Сеймотектоника Кавказа. Труды Сейсмол. ин-та АН СССР, № 64, 1935. Г. П. Горшков. Сейсмическое районирование Туркмении. Изв. Туркменск. ФАН СССР, № 2, 1945. Г. П. Горшков. О сейсмическом районировании Средней Азии. Труды Сейсмол. ин-та АН СССР, № 79, 1936. И. Е. Губин. Гармское землетрясение 1941 г. Изд. Таджикск. ФАН СССР, Сталинабад, 1943. И. Е. Губин. Тектоника и распределение эпицентров разрушительных землетрясений в Таджикистане. Сообщ. Таджикск. ФАН СССР, вып. 1,

1947. Д. И. Мушкетов. Сейсмическое районирование Средней Азии. Труды Сейсмол. ин-та АН СССР, № 34, 1933. В. В. Попов. Схема сейсмического районирования СССР. Труды Сейсмол. ин-та АН СССР, № 95, 1941. Г. В. Попов. Исторический обзор землетрясений Ташкентского сейсмического района, Ташкент, 1939. А. Sieberg. Erdbebengeographie, Berlin, 1932. E. Tillotson. Rumanian earthquake of november. 10, 1940. Natur, N 3708, nov. 23, 1940. Carlo Morelli. Carta sismica dell'Albania. Reale Accademia d'Italia, 1940.

# ПЕРЕДЕЛКА ФАУНЫ МОРЕЙ СССР

*Профессор Л. А. Зенкевич*



Выдающийся агробиолог и почвовед В. Р. Вильямс, разоблачая реакционное лжеучение о «падающем плодородии» Земли, доказывал, что рациональное земледелие не понижает, а, наоборот, повышает урожайность почв. Само свойство почвы обеспечивать урожай возникло в результате длительного предшествующего процесса: растительность способствовала созданию современных почв и обусловила их плодородие. Урожайность почвы в значительной степени создана хозяйственной деятельностью человека.

Примерно так же может обстоять дело с водоемами, в том числе и морскими.

Размельченные горные породы, входящие в состав почвы, так же как и химически чистая вода, не могут сами по себе предоставить растениям необходимые для их развития вещества. Почва и вода только тогда обеспечивают плодородие, когда к ним примешаны остатки предыдущих поколений растений и животных. Чем обильнее жизнь, тем в большей степени обеспечивается развитие последующих процессов произрастания, но, само собой разумеется, только при условии рационального хозяйства, в том числе проведения специальных мелиоративных мероприятий. Однако такое хозяйство невозможно при капиталистическом строе, хищнически использующем природные ресурсы, что неизбежно ведет к их истощению.

В условиях социалистического народного хозяйства не может быть места «теориям» убывающего плодородия, «теориям» истощения почв и водоемов.

Как и в воздушной среде, в водоемах все биологические явления взаимно связаны и взаимно обусловлены.

Для развития растительных организмов необходимы свет и минеральное питание, в состав которого входят и многие продукты жизнедеятельности предыдущих поколений или разложившиеся остатки их тел. Важнейшие из них — соединения азота и фосфора. Из всего этого растения создают новое органическое вещество, почему их и называют продуцентами (производящими). Животные, консументы (потребители) используют для питания уже готовые органические вещества. Одно животное в процессе борьбы за существование пожирает другое, а это в свою очередь уничтожается третьим и т. д. Таким образом, получаются своеобразные пищевые цепи, иногда длинные, иногда короткие, заканчивающиеся обычно рыбой, последним их звеном.

Есть еще третья группа организмов, без которых трудно представить себе развитие жизни как на суше, так и в воде. Это — бактерии, или, как их еще называют по их роли в процессах жизни, редуценты. Они способствуют разложению и минерализации растительных и животных остатков и обратно—

созданию из более простых органических соединений более сложных.

Вот в этой разнообразной и сложной системе циклических процессов жизни и следует искать узловые точки и пути биологического воспроизведения для наибольшего увеличения количества промысловых организмов.

До недавнего времени морской промысел развивался односторонне: человек черпал из моря столько, сколько мог, сколько позволяла его техника, не заботясь о дальнейшем, не проводя почти никаких мелиоративных мероприятий. Задачей социалистической экономики должно быть превращение морского промысла в морское промысловое хозяйство, при котором система мероприятий обеспечивает выгодный, возрастающий количественно и улучшающийся по качеству выход продукции.

Из сказанного выше ясно, что рационализаторское воздействие человека может быть направлено на разные стадии указанных циклических процессов. Прежде всего можно поставить задачу увеличения первичного звена в процессах продуцирования — массы растительных организмов, дающих органическую основу для развития животных. Недостаточность минерального питания может ограничивать развитие растений; особенно важны для удобрений соединения фосфора и азота. В сельском хозяйстве давно освоено удобрение почв, и без него сейчас трудно представить себе земледелие. В прудовом хозяйстве это дело тоже освоено. Гораздо сложнее удобрение гигантских морских водоемов. Однако теоретическое обоснование и практическое разрешение этой проблемы уже стоят на очереди. Совершенно понятно, что начинать нужно с отдельных участков небольших водоемов морского типа, как, например, наше Аральское море. Освоенная практика должна постепенно переноситься на весь водоем, а затем — на более обширные морские водоемы. В этом вопросе и сейчас еще остается много неясного, требующего разработки, но несомненно, что на такой путь надо становиться.

Другая система мероприятий может быть направлена на перестройку самой фауны: истребление организмов бесполезных, вредных, и разведение полезных.

Понятно, что из морского водоема трудно, а в большинстве случаев и невозмож-

но непосредственно совсем удалить бесполезную или вредную флору и фауну. Однако можно воздействовать на нее в нужную сторону биологическими методами: созданием новых биоценологических систем, введением в водоем новых форм, полезных для хозяйства, или таких, которые хотя непосредственно пользы не приносят, но действуют угнетающе на ненужные и вредные для человека организмы. Известно, например, что разводимая в пресных водоемах маленькая рыбка гамбузия истребляет личинки малярийного комара.

Уменьшение и даже полное истребление сорных, вредных для хозяйства форм может достигаться также и применением мер, способствующих развитию полезных для нас организмов: искусственное разведение, обеспечение мест естественного вышлода и, наконец, вселение новых хозяйственно-полезных видов.

Мы можем способствовать увеличению и улучшению кормовой базы для промысловых рыб, состоящей из червей, моллюсков, ракообразных и различных других беспозвоночных.

Пока мы располагаем только одним мощным способом переделки кормовой фауны морских водоемов биологическим методом — введением ценных кормовых объектов, которых в данном водоеме до того не было.

В истории развития животного и растительного населения нашей планеты никогда не было условий для свободного расселения организмов по всей поверхности Земли. Материки и океаны меняли свои очертания; сообщения между ними то прерывались, то восстанавливались; фауны и флоры разъединялись непреходимыми для них границами. Так, например, в середине третичного времени образовался Панамский перешеек, соединивший оба американских материка и разъединивший до того свободно сообщавшиеся тропические части Атлантического и Тихого океанов и их фауны.

Несколько миллионов лет назад Черное и Каспийское моря разъединились, а до того они составляли части одного единого обширного моря, населенного единообразной флорой и фауной. Оказавшись разъединенными, их флоры и фауны в дальнейшем развивались самостоятельно.

В мезозое и в начале третичного времени в южной части Евразии простирался



обширный океан, названный Тетис; он соединял Атлантический и Тихий океаны в тропическом поясе. Потом этот океан разделился и материки соединились в меридиональном направлении. Атлантический и Тихий океаны оказались в значительной степени разъединенными. Широкое соединение между ними имеется только в умеренной и холодной климатических зонах Южного полушария. Но нередко и открытые просторы океанов могут образовать непреходимые для морских растений и животных границы. Существует очень мало организмов, распространенных по всем океанам, так называемых космополитов; громадное большинство приурочено только к определенным условиям существования. Возьмем в качестве примера североатлантическую треску: как ни широко ее распространение, однако она не проникает на восток за пределы Баренцова моря, в самые холодные части наших сибирских морей — там ей слишком холодно. Не может она продвинуться и в тропическую зону Атлантического океана — тут ей слишком жарко. В Южном же полушарии трески нет совсем. Нет там и всей группы лососевых рыб и многих других обитателей моря, в то время как в Северном полушарии отсутствуют многие рыбы Южного полушария.

Таковыми же непреодолимыми барьерами, как и материки, являются для прибрежных морских организмов и широкие просторы открытых частей океанов над большими глубинами. Перебраться через них они никак не могут. В результате климатических изменений и горообразовательных процессов подавляющее большинство организмов заселяет только небольшую часть тех морских просторов, которые они могли бы заселять, если бы не было непреходимых границ, о которых говорилось выше.

Совершенно очевидно, например, что североатлантическая треска прекрасно могла бы существовать в соответственных климатических зонах Южного полушария, а антарктические пингвины — в Арктике. Северные тихоокеанские лососи были с успехом акклиматизированы в нескольких пунктах Южного полушария, устрица перевозилась с одной стороны Атлантического океана на другую и с восточного побережья Северной Америки — на западную, тихоокеанскую.

Многие морские животные, обитающие к востоку от Панамского перешейка, в Атлантическом океане, могут жить к западу от этого перешейка, в Тихом океане, если их туда перенести, — и наоборот. Не менее вероятно возможность перенесения очень многих береговых форм с одной стороны океанов на другую сторону их.

Ареал, в пределах которого обитает та или иная форма, можно назвать фактическим ареалом, а область, в которой данная форма могла бы существовать, если бы туда попала, — ее потенциальным ареалом.

Чтобы получить успешные результаты при перенесении какой-нибудь взрослой формы в новый ареал, нужно, чтобы новое местообитание по своим условиям соответствовало исходному, т. е. являлось потенциальным ареалом данной формы. Это имел в виду И. В. Мичурин, называя такую форму переноса интродукцией.

На суше человек издавна привык перевозить с собой в новые районы полезных животных и растения. Многие наши полезные растения завезены издалека. Таковы, например, картофель, табак. Фауна и флора Австралии под воздействием человека подверглись коренной переделке. Одна из важнейших задач советской агробиологии — проведение плановых мероприятий по изменению растительного и животного наследия нашей страны в желательную для народного хозяйства сторону.

Издавна многое делалось и для овладения биологическими процессами, протекающими в пресных водоемах. Прудовое хозяйство достигло большой эффективности. В озерах и водохранилищах также по плану организуется рациональное рыбное хозяйство. Переделка же фауны морских бассейнов находится едва только в самом начале.

Чем больше водоем и чем меньше он изолирован от открытого океана, тем, конечно, труднее охватывать его хозяйственной деятельностью. Однако в нашей стране, в стране планового, социалистического хозяйства, в стране, поставившей своей задачей планомерную переделку природы, наука должна найти пути развития рационального промыслового хозяйства и на морях. Для Азовского, Каспийского и Аральского морей — это первоочередная задача еще и потому, что переделка засушливых областей южных и юго-восточных районов требует исполь-

зования и зарегулирования стока вод Днепра, Дона, Волги, Сыр-Дарьи, Аму-Дарьи и Урала, рек, питающих эти моря.

Уменьшение речного стока должно отразиться на уровне и гидрологическом режиме наших южных морей. Плотины отрежут рыбу от мест ее естественного нереста. Чтобы сберечь драгоценные рыбные ресурсы южных морей, и в первую очередь — осетровых рыб, 95 процентов мировых запасов которых сосредоточены в наших морях, мы должны разрешить три важнейших вопроса этой проблемы: обеспечить откорм молоди, откорм взрослой рыбы и размножение. Каждый из этих вопросов должен быть разрешен в отдельности. Как бы хорошо мы ни разрешили первые два из них, работа не будет полностью завершена, если не будет обеспечено решение третьего.

Последнюю задачу с успехом можно решить искусственным рыборазведением. От половозрелых производителей берут икру и молоки, а затем полученных мальков воспитывают до определенного возраста в искусственных водоемах, на искусственных кормах, потом уже выпуская их на откорм в море.

Как же разрешить задачу обеспечения молодой и взрослой рыбы кормами в самом водоеме, если этой пищи там нехватает?

Излюбленный рыбий корм — черви, ракообразные, моллюски, в менее соленых водоемах — «мотыль» (личинки комариков — хирономид), иногда для молоди — растения и даже бактерии, иногда детрит — разрушенные остатки растений и животных, перемешанные с грунтом.

Общее увеличение всех этих кормовых ресурсов, как мы указывали выше, может быть достигнуто удобрением, но это пока дело будущего. Можно идти и по пути внесения в водоемы новых, особенно ценных в кормовом отношении организмов, рассчитывая на их массовое развитие в новом местообитании. Каспийское море в первую очередь требует неотступных забот о сохранении его громадных промысловых богатств. К счастью, это море в то же время особенно подходит для акклиматизации. Дело в том, что оно несколько сот тысяч лет назад вместе с Азовским и Черным составляло единый морской водоем. Потом Каспийское море отделилось от соседних морей, и в дальнейшем его фауна развивалась самостоя-

тельно. С тех пор воды Каспия нераз претерпевали значительное опреснение, гораздо большее, чем нынешнее. Реликтовая морская каспийская фауна качественно обеднела. Тем временем Черное море соединилось со Средиземным, и как оно, так и Азовское море заполнилось средиземноморской фауной, теми ее формами, которые способны существовать в условиях значительно меньшей солености (1—1,8 процента по сравнению с 3,6—3,8 процента Средиземного моря).

Таких форм оказалось много, и они отлично существуют и в Черном, и в Азовском морях, где за их счет откармливаются те же виды рыб, что и в Каспийском море, — осетр, севрюга, лещ и многие другие.

Все это и дало ученым мысль увеличить кормовую базу каспийских рыб вселением в Каспий отсутствующих в нем наиболее ценных форм из Азовского и Черного морей. В 1919 году, как предполагают, с катерами, переброшенными по железной дороге из Батуми в Баку, в Каспийское море случайно попал хорошо переносящий временное пребывание в воздухе двустворчатый моллюск-митилястер. То, что произошло с этим моллюском далее в новом месте его обитания, можно было бы назвать «биологическим взрывом», настолько быстро и в таком колоссальном количестве размножился он в Каспийском море.

В 1930 году и в последующие годы в Каспийское море переселили из Азово-Черноморского бассейна два вида кефалей — сингиль и остронос. Обе рыбы весьма успешно акклиматизировались в Каспии и сейчас составляют уже существенную часть промысла. Одновременно с кефалами в Каспий было пущено два вида креветок-леандеров, и оба вида чрезвычайно сильно размножились в новом месте. Но это последнее переселение носило скорее случайный характер.

В 1934 году каким-то невыясненным способом, может быть, на ногах перелетных птиц, в Каспийское море из Азовского или Черного попала микроскопическая диатомовая водоросль ризосолия и тоже развивалась здесь в колоссальном количестве. Правда, результаты таких переселений не всегда были удачными: пересаживали в Каспий барабульку, два вида камбал, хамсу, устрицу, но без успеха.

В 1939—1941 годах из Азовского моря в Каспий был перевезен морской червь

нерейс. Этот крупный червь — высококачественная пища для рыб. В Азовском море его охотно поедают осетр, севрюга, лещ и другие промысловые рыбы. Эта акклиматизация оказалась исключительно удачной. Перевезено было около 60 тысяч червей, общим весом в несколько десятков килограммов. Нерейс чрезвычайно размножился в Каспийском море, и сейчас в одном только Северном Каспии его насчитывают около 1,5—2 миллионов центнеров. Каспийские рыбы отлично освоили новый корм, осетры и севрюги почти полностью перешли на питание этим червем. Едят его и другие рыбы. Особенно ценно то, что нерейс питается главным образом детритом, подобно дождевым червям, тогда как другие организмы Каспия этот ресурс не используют.

Все эти новые вселенцы в Каспийское море из Азовского и Черного морей принадлежат к средиземноморской фауне, проникшей на восток после прорыва Дарданелл и оказавшейся способной переносить понижение солености от 37—38 промилле Средиземного моря до 18 Черного моря и 10—11 промилле Азовского.

Таким образом, из весьма разнообразной средиземноморской фауны, включающей не менее 6000—7000 видов, до Азовского моря добралось всего 200—300 видов, но это самые стойкие формы, способные переносить значительные колебания солености и температуры. В этом отношении они более стойки, чем многие коренные формы Каспийской фауны. Этим, видимо, и объясняется столь успешное их развитие в новом местообитании, где они нашли нужные им условия существования. В 1936—1937 годах, когда донное население Северного Каспия претерпело резкую убыль,

средиземноморские вселенцы не подверглись никакому уменьшению. Это дает полное основание думать, что при возможном в последующие годы осолонении Каспия средиземноморские вселенцы не дадут уменьшения численности, что еще более усиливает значение этих акклиматизационных мероприятий.

На первых опытах плановой реконструкции фауны Каспийского моря, на успехах и неудачах этих опытов мы учимся овладевать фауной наших морей и управлять ею, вырабатываем теорию акклиматизации. В этом деле учиться нам не у кого, советские ученые идут собственными, непроторенными путями.

Однако не только для наших южных морей возможны мероприятия по улучшению и повышению рыбопромысловой продукции. Большие работы по искусственному разведению и акклиматизации некоторых промысловых рыб проводятся и на Балтийском море. На очереди стоит вопрос об акклиматизации новых пород рыб, а возможно, и некоторых кормовых объектов — в Баренцевом и Белом морях, перенос их из морских бассейнов северо-восточной окраины Азии и морей Дальнего Востока.

Советские ученые крепко взялись за дело реконструкции фауны наших южных морей. Перед ними обширное поле деятельности, а первые успехи в этой работе дают основание надеяться на еще большие достижения в дальнейшем. Акклиматизация представляет собой только одну сторону сложного и многообразного дела овладения сырьевыми ресурсами наших морей, превращения морского промысла в морское промышленное хозяйство.



# РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Е. А. Терентьева



Редкоземельные элементы составляют своеобразную группу периодической системы Д. И. Менделеева.

К ним также относят, вследствие близости химических свойств, иттрий (Y № 39, атомный вес 88,92) и скандий (Sc № 21, атомный вес 45,10). Когда хотят выделить группу элементов с атомными номерами от 57 до 71 из среды других редкоземельных элементов, то часто употребляют термин «лантаниды».

Эти элементы условно располагаются в одной клетке с первым членом этого семейства — лантаном. Их обычно размещают под таблицей Д. И. Менделеева в виде обособленного ряда лантанидов<sup>1</sup>. Все они были найдены в природе, за исключением неустойчивого Pm, который был получен искусственно. Соли некоторых редкоземельных элементов окрашены в красивые цвета. Интересен тот факт, что окраска трехвалентных ионов первых семи элементов сходна с окраской ионов последних семи элементов, взятых в обратном порядке (см. таблицу).

Цвета их окислов не представляют собой какой-либо закономерности: окись лантана (La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) — белая, двуокись церия (CeO<sub>2</sub>) —

желтая, окись празеодима (Pr<sub>6</sub>O<sub>11</sub>) — черная, окись неодима (Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) — голубая, под действием влаги переходящая в розовую, окись самария (Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) — кремновожелтая, окись европия (Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) — бледнорозовая, окись гадолиния (Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) — белая, окись тербия (Tb<sub>4</sub>O<sub>7</sub>) — темнокоричневая, окись диспрозия (Dy<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) — палевожелтая, окись гольмия (Ho<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) — желтая, окись эрбия (Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) — нежнорозовая, окись тулия (Tm<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) — зеленоватая, окись иттербия (Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) — белая, окись лютеция (Lu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) — белая.

беспр.	беспр.	зелен.	розов.	желт.	желт.	слабо-розов.	беспр.
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd
Lu	Yb	Tm	Er	Ho	Dy	Tb	

История исследования редкоземельных элементов начинается с 1794 года, когда в минерале гадолините (названном в честь финского химика Юохана Гадолина) была найдена «иттриевая земля», а в 1803 году в

1

La	57	Ce	58	Pr	59	Nd	60	Pm	61	Sm	62	Eu	63	Gd	64	Tb	65	Dy	66	Ho	67	Er	68	Tm	69	Yb	70	Lu	71
138.92	140.13	140.92	144.27	■	150.43	152.0	156.9	159.2	162.46	164.94	167.2	169.4	173.04	174.99															

Лантан Церий Празеодим Неодим Прометий Самарий Европий Гадолиний Тербий Диспрозия Гольмий Эрбий Тулий Иттербий Лютеция

церите — «цериевая земля»<sup>1</sup>. Позже было обнаружено, что эти «земли» представляют собой смесь окислов нескольких элементов, очень близких по химическим свойствам. По словам Д. И. Менделеева, была открыта «особая группа элементов редких земель, названная так по причине сравнительной редкости в природе минералов, из которых извлекают эти элементы, и того обстоятельства, что их солеобразные окислы состава  $R_2O_3$  и  $RO_2$  по виду сходны с такими землями, как  $Al_2O_3$  и  $CaO$ »<sup>2</sup>.

Действительно, термин «редкие земли» был дан в то время, когда находки минералов, содержащих эту группу элементов, были еще редкими. Однако в результате поисков в этом направлении и усовершенствования методов анализа стало очевидным, что редкоземельные элементы не так уже редки в природе.

Русские минералоги и химики сделали немалый вклад в исследование этой трудной области химии. Уже в 40-х годах прошлого столетия Михаил Шубин занимался определением атомного веса лантана. В 60-х годах были опубликованы статьи знаменитого русского минералога Н. И. Кокшарова и других с описанием новых редкоземельных минералов, найденных на Урале.

Другой русский минералог, Р. Ф. Герман впервые дал описание монацитов Ильменских гор, разработал методы выделения редкоземельных минералов и предложил метод отделения тория от элементов цериевой подгруппы. Среди исследователей, занимавшихся редкоземельными элементами в России в 1900-х годах, нужно упомянуть Л. В. Писаржевского, П. Д. Хрущева, С. М. Танатара, Г. П. Черника, Н. А. Орлова и других.

О работах Н. А. Орлова в этой области знают немногие, так как он печатал свои труды преимущественно в минералогических и фармацевтических журналах. Николай Арсеньевич Орлов выполнил ряд интересных работ в области редкоземельных элементов и высказал теоретические предпо-

ложения, которые подтвердились впоследствии.

С 1920-х годов начали работы И. Н. Заозерский, И. Д. Старынкевич, С. А. Боровик и другие.

Еще в 1924 году предполагалось, что вес группы редкоземельных элементов составляет 0,001% веса земной коры. Однако более поздние исследования академиков В. И. Вернадского, А. Е. Ферсмана и их сотрудников показали, что количество этих элементов в земной коре значительно больше и равно по весу 0,010—0,015%. Значительную роль в пересмотре данных 1924 года сыграли химические анализы хибинских апатитов. Этот минерал содержит от 1 до 5% суммы редкоземельных элементов цериевой группы. Приняв во внимание, что в природе имеются громадные залежи апатитов, можно представить себе, как велики общие запасы этих элементов в земной коре. Если взять данные по распространенности отдельных элементов, то окажется, что церий, иттрий и неодим распространены так же, как такие «обычные» элементы, как кобальт, кадмий и другие.

В природе встречаются минералы, в которых редкоземельные элементы являются главными компонентами. К ним относятся, во-первых, минералы, содержащие все редкоземельные элементы — от лантана до лютеция без заметного преобладания какой-либо из подгрупп. Такими минералами являются ловчоррит, ортит и другие. Во-вторых, минералы с преобладанием элементов цериевой подгруппы (например, монацит, лопарит, флюоцерит, церит и др.) и, в-третьих, — с преобладанием элементов иттриевой подгруппы (ксенотим, самарскит, гадолинит и др.).

Значительное место в природе занимают минералы, в которых редкоземельные элементы являются второстепенными компонентами, частично замещающими основные компоненты — апатит, циртолит, альвит и некоторые урановые минералы.

И. Д. Борнеман, С. А. Боровик обнаружили редкоземельные элементы в золе растений. Их содержание колеблется от  $0,2 \cdot 10^{-3}\%$  до  $5,1 \cdot 10^{-3}\%$ . Разные растения содержат неодинаковое количество этих элементов, например, люпин и листья сахарной свеклы содержат повышенные количества редкоземельных элементов.

<sup>1</sup> Следует отметить, что «землями» в XVIII веке называли такие соединения металлов, которым в конце того же века Лавуазье придал наименования окислов.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев. Основы химии, т. II, Госхимтехиздат, 1934, стр. 133.

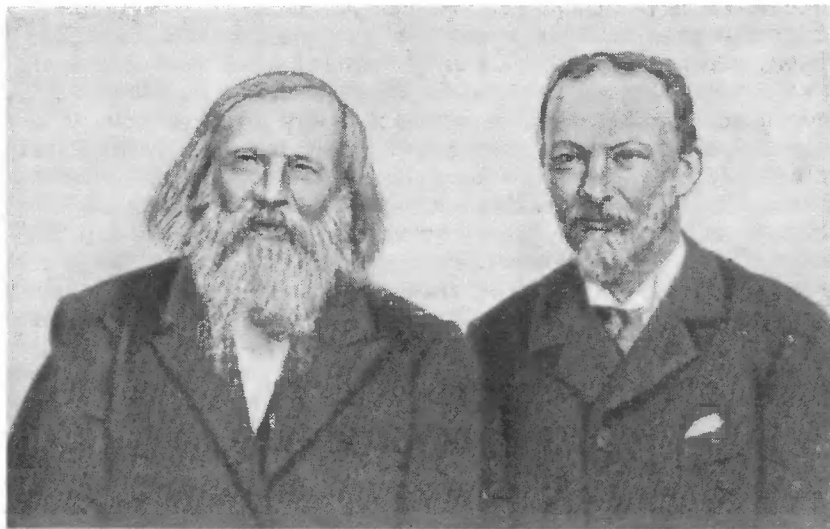
Интересно отметить, что редкоземельные элементы имеют значительное распространение в небесных телах. Например, такой редкий в земной коре элемент, как европий, обнаружен на особых звездах, которые получили название «европиевых».

Через 40 лет после открытия первых «редких земель» удалось разложить как цериевую, так и иттриевую «земли». Из цериевой земли был выделен чистый церий, названный так в честь незадолго до того открытой малой планеты Цереры.

Из этой же «земли» выделили также лантан, получивший наименование от греческого слова «лантанейн», что означает «скрытаться». Последний через несколько лет был разложен на собственно лантан и элемент, названный «дидимом» («дидимос» по-гречески значит близнец) и обозначенный символом Di. Ученые всего мира в течение нескольких десятилетий считали, что дидим действительно является элементом. Лишь в 1882 году чешский ученый Б. Браунер доказал, что дидим представляет собой смесь двух элементов. В 1885 году немецкий химик Ауэр фон Вельсбах, воспользовавшись методом фракционной кристаллизации двойных нитратов, предложенным Менделеевым, разложил дидим на два элемента — неодим («новый близнец»), дающий соли розового цвета, и празеодим («зеленый близнец»), дающий соли зеленого цвета.

Разложение смеси этих двух элементов и до сих пор представляет собой одну из сложнейших задач неорганической химии. Иногда и в настоящее время в лабораториях можно увидеть баночку с солью бледно-розового цвета с надписью «Di (NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>».

Из иттриевой «земли» было выделено также несколько элементов: иттрий, иттербий, эрбий, тербий и другие. Название их было произведено от маленького шведского города Иттерби, около которого впер-



Д. И. Менделеев и Б. Браунер

вые были обнаружены редкоземельные минералы.

По мере усовершенствования методов исследования продолжалось расщепление известных веществ, ранее считавшихся элементарными, на новые составляющие. Например, благодаря спектральному анализу в 1879 году в редкоземельном минерале самарските, названном в честь русского минералога Самарского, Браунером и Клеве был обнаружен новый элемент, получивший название «самарий». Так постепенно были открыты почти все элементы этой группы.

Элемент № 71 был почти одновременно (в 1906 году) найден Ауэром в Германии и Урбеном во Франции. Первый дал ему название «кассиопей», второй — «лютеций», по старинному названию Парижа. Интернациональная комиссия по атомным весам приняла название «лютеций», хотя некоторые немецкие журналы до сих пор предпочитают его называть кассиопеем.

Позже всех элементов из редкоземельной группы был открыт элемент № 61. В 1926 году группа американских ученых во главе с Гопкинсом объявила о том, что ими при изучении рентгеновых спектров неодимово-самариевых концентратов были обнаружены линии, соответствующие элементу № 61. Они назвали его «иллинием» в честь Иллинойского университета, в стенах которого

проводились эти работы. Вслед за ними выступили итальянские химики с утверждением, что ими уже в 1924 году был открыт этот элемент, и запечатанный пакет с этим сообщением был отослан в том же году во Флорентийскую академию наук. Они настаивали на том, чтобы этот элемент был назван «флоренцием». Эти «открытия» вызвали возражения ряда ученых — Нодда, Праудтля и других, которые утверждали, что элемент № 61 не может существовать в природе, так как он должен быть радиоактивным с небольшим периодом полураспада. Действительно, в 1947 году при бомбардировке неодима медленными нейтронами был обнаружен радиоактивный изотоп элемента № 61. Последний получил два названия — циклоний (Cy) и прометий (Pm). В литературе более принято последнее название.

Открытие всех элементов редкоземельной группы заняло более 150 лет. Трудности выделения их были обусловлены необычайной близостью их химических свойств. Последнее обстоятельство сыграло значительную роль при размещении этих элементов в периодической системе.

Как известно, в 1869 году великим русским ученым Дмитрием Ивановичем Менделеевым был открыт периодический закон химических элементов. Все известные тогда химические элементы Менделеев расположил в виде таблицы. Элементы, находящиеся в одной группе, характеризовались близкими друг к другу химическими и физическими свойствами, причем эти свойства закономерно менялись по мере увеличения атомного веса. Этот закон позволял исправлять атомные веса известных элементов и предсказывать свойства еще неоткрытых элементов.

До Менделеева считали (в частности, немецкий химик Раммельсберг), что церий двухвалентен, и принимали его атомный вес равным 92. Д. И. Менделеев, основываясь на периодическом законе, исправил его на 138. Раммельсберг был возмущен такой «дерзостью». Он не верил в справедливость и могущество периодического закона. Исследования свойств церия, предпринятые Менделеевым и Браунером, подтвердили верность позиции Д. И. Менделеева и послужили одним из доказательств правильности открытого им закона.

Серьезной загадкой периодической системы явилось размещение в ней всей группы редкоземельных элементов. Научные данные конца XIX века были недостаточны для решения этой задачи.

К тому времени, когда был сформулирован периодический закон, было открыто значительное число редкоземельных элементов. В первом варианте периодической системы редкоземельные элементы не были включены в таблицу и были записаны на ее полях. Во втором варианте эти элементы уже стояли в таблице, но все же выпадали из всей системы. Значения атомных весов у ряда элементов были установлены неправильно. Сам Менделеев не был уверен в них, и около символов этих элементов он ставил по два вопросительных знака.

В 1871 году Менделеев опубликовал новый вариант системы, в котором Y, Di и Eg стояли в III группе, а Ce и La — в IV группе, правда, со знаком вопроса. В те годы Менделеев писал, что положение некоторых элементов вызывает сомнение. Это касалось мало изученных элементов. Такими элементами, несомненно, являлись и редкоземельные.

Большую работу по исследованию свойств элементов этой группы и размещению их в периодической системе провел один из «укрепителей периодического закона», личный друг Д. И. Менделеева, Богуслав Браунер. Он был большим знатоком редкоземельных элементов. По просьбе Менделеева им была написана обстоятельная статья о редкоземельных элементах, которую Менделеев поместил в приложении ко II тому «Основ химии». Браунеру первому пришла мысль выделить все редкоземельные элементы в одну большую клетку в середине периодической системы в виде особой группы. Он разместил все редкоземельные элементы, начиная от церия до иттербия, в IV группе периодической системы. Однако Менделеев с этим не согласился, считая более правильным разместить их в III группе, так как один из элементов этой группы иттербий (Yb — 173) хорошо подходил по своим свойствам и атомному весу к III группе.

Дальнейшее изучение свойств редкоземельных элементов все больше убеждало в их трехвалентности.

В 1911 году Н. А. Орлов высказал предположение, что все редкоземельные элемен-



ты по своим свойствам должны занимать одну клетку и размещаться в III группе периодической системы. Он предпологал, что эти элементы составляют интерпериодическую группу. «Что же касается того обстоятельства, что 10 и более элементов занимают в периодической системе место, — писал Н. А. Орлов, — как бы предназначенное для одного элемента, то редкоземельные элементы в этом отношении не являются единичными: подобное же явление представляют и элементы восьмой группы, где три элемента занимают место, предназначенное для одного, и плеяды радиоактивных элементов и конечных продуктов их превращений»<sup>1</sup>. Позже различными исследователями было предложено множество вариантов размещения редкоземельных элементов в периодической системе; изучение свойств этих элементов заставляет исследователей склоняться к мысли о внутренней периодичности в этой группе.

Близость химических свойств редкоземельных элементов, окраска их ионов, положение в системе Менделеева и периодичность внутри этой группы элементов — все это находит свое объяснение в строении их атомов.

Изучение сложнейших спектров и магнитных свойств редкоземельных элементов показало, что по своему строению их атомы отличаются друг от друга только весьма глубоко лежащими электронными слоями. Строение же внешних, валентных электронных слоев, от которых в основном зависят химические свойства элементов, у всех членов этого семейства одинаково. Это обстоятельство и приводит к тому, что все редкоземельные элементы обладают очень близкими химическими свойствами и поэтому объединены в одну группу.

Некоторые редкоземельные элементы (Ce, Pr, Tb) могут существовать в четырехвалентном состоянии. Это в первую очередь относится к церию. Окислить церий можно различными реагентами — хлором, перманганатом калия, перекисью водорода, двуокисью свинца, висмутатом натрия и другими. Переходя в четырехвалентный, церий приобретает свойства, отличные от свойств остальных

редкоземельных элементов, что и используется для обнаружения и выделения его из смеси. Наиболее характерными соединениями для четырехвалентного церия является двуокись  $\text{CeO}_2$ , сульфат  $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$  и ряд комплексных соединений типа  $(\text{NH}_4)_2[\text{Ce}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$  и  $(\text{NH}_4)_2[\text{Ce}(\text{NO}_3)_6]$ .

Обычно перед делением суммы редкоземельных элементов на компоненты церий удаляют из смеси одним из перечисленных выше методов.

Тенденцию переходить в четырехвалентное состояние проявляют также празеодим и тербий. Однако для этих элементов получены только высшие окислы —  $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  и  $\text{Tb}_4\text{O}_7$ , которые при взаимодействии с хлористым и иодистым водородом выделяют элементарные хлор и иод. Солей же для четырехвалентных празеодима и тербия еще пока не выделено.

Трехвалентные ионы других редкоземельных элементов (Eu, Yb, Sm) в сильно восстановительной среде, например, при обработке солей трехвалентных элементов амальгамами щелочных металлов, при электролизе растворов с ртутным катодом, восстановлением безводных солей водородом при повышенной температуре или термическим разложением галогенидов трехвалентных солей в глубоком вакууме и в других случаях переходят в двухвалентное состояние.

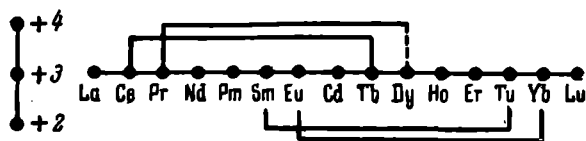
Наиболее устойчивые соединения низкой валентности дает европий, за ним следуют иттербий и самарий. Для этих элементов выделены галогениды состава  $\text{MeF}_2$ , карбонаты  $\text{MeCO}_3$ , сульфаты  $\text{MeSO}_4$ , фосфаты  $\text{Me}_3(\text{PO}_4)_2$  и другие соединения. Сульфаты двухвалентных редкоземельных элементов по свойствам близки к сульфатам щелочноземельных элементов.

Лантан, гадолиний и лютеций ни при каких условиях не меняют своей валентности.

Химики, занимающиеся редкоземельными элементами, обычно называют валентности, отличные от трех, «аномальными» валентностями. Однако, как показывают исследования, эти валентности не аномальны: они появляются периодически, через семь элементов.

Если в окрасках трехвалентных ионов редкоземельных элементов имеется некоторая закономерность, то в окраске ионов этих элементов других валентностей никакой закономерности не наблюдается:  $\text{Ce}^{+4}$  — оран-

<sup>1</sup> Н. А. Орлов. Об элементах редких земель. Журнал Русского физико-химического общества, часть химическая, 1928, т. LX, стр. 517—518.



«Аномальные» валентности редкоземельных элементов

жевый;  $\text{Sm}^{+2}$ —красновато-желтый;  $\text{Yb}^{+2}$ —зеленый.

Выделение суммы редкоземельных элементов из минералов и отделение их от сопутствующих элементов не представляют особых затруднений. Их получают обычно в виде мало растворимых фторидов, оксалатов или гидроокисей. Главную трудность составляет выделение отдельных членов этой группы. Для облегчения этой задачи химики делят всю группу редкоземельных элементов на подгруппы при помощи сульфатов или карбонатов щелочных металлов.

Двойные сульфаты элементов от лантана до европия не растворяются в насыщенных растворах сульфата калия и натрия и составляют подгруппу «цериевых элементов». Двойные сульфаты элементов от гадолиния до лютеция растворяются в избытке сульфатов щелочных элементов. Они носят название «иттриевых элементов». Разделив таким образом смесь редкоземельных элементов на подгруппы, приступают к выделению отдельных компонентов.

Все классические методы разделения, основанные на разнице в растворимости, термической устойчивости различных солей и растворимости гидроокисей этих элементов, находящихся в трехвалентном состоянии, очень кропотливы и отнимают часто годы упорного труда. Все они основаны на многократном повторении одних и тех же операций. Самым распространенным методом разделения этих элементов, при помощи которого было выделено большинство редкоземельных элементов, является метод дробной, или фракционной, кристаллизации. Элементы цериевой подгруппы кристаллизуются, по предложению Д. И. Менделеева, в виде двойных нитратов, а элементы иттриевой подгруппы — в виде двойных броматов или оксалатов.

Процесс дробной кристаллизации заключается в основном в следующем. Двой-

ные магниевые нитраты растворяют в воде. Полученный раствор обозначают I/1, что соответствует 1-й фракции I серии (на схеме растворы изображают белым кружком). Раствор упаривают до начала кристаллизации. На следующий день маточный раствор сливают с выпавших кристаллов в отдельную чашку, которую обозначают индексом II/1. Образовавшиеся кристаллы называют II/2 (кристаллы изображают черным кружком). Маточный раствор II/1 упаривают и оставляют для кристаллизации. Затем раствор декантируют в отдельную чашку (III/1). Кристаллы II/2 в свою очередь растворяют в воде и раствор упаривают. Образовавшиеся кристаллы отделяют. Они составят фракцию III/3. Маточный раствор с них объединяют с кристаллами, оставшимися от фракции II/1. Они вместе образуют фракцию III/2. Таким образом, серия III уже состоит из трех фракций. Далее, каждая из полученных фракций обрабатывается описанным выше способом. Так постепенно разрастается «дерево» кристаллизации. Число подобных операций иногда достигает нескольких тысяч. Например, итальянские химики Ролла и Фернандес в поисках элемента № 61 сделали 2719 кристаллизаций.

За ходом разделения элементов следят по изменению среднего атомного веса смеси, по изменению цвета окислов или при помощи спектрального анализа.

Метод дробной кристаллизации не потерял своего значения и до настоящего времени, однако бурное развитие промышленности требует разработки более быстрых методов разделения редкоземельных элементов.

Большие перспективы имеют методы разделения, основанные на переходе этих элементов в иные валентности. Как уже указы-

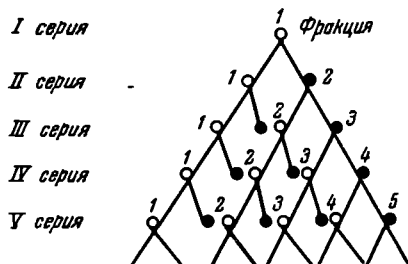


Схема дробной кристаллизации

валось, в этом состоянии редкоземельные элементы приобретают свойства, резко отличные от свойств остальных элементов этой группы, благодаря чему их отделение значительно облегчается.

Все большее значение приобретают методы разделения, основанные на способности этих элементов давать комплексные соединения.

В 1947 году была разработана методика, основанная на применении ионообменивающих синтетических смол. И здесь решающую роль играют комплексные соединения этих элементов с органическими кислотами. При помощи этой методики был изолирован радиоактивный изотоп элемента № 61.

Значительную трудность представляет получение редкоземельных металлов. Одним из методов является восстановление окиси или галогенида металла щелочными металлами (обычно натрием).

Металлы получают также электролизом расплавленного галогенида. В качестве анода служит уголь, а в качестве катода — вращающийся молибденовый стержень. Катодная ячейка делается из фтористого фарфора. Ванна состоит из смеси расплавленного хлорида металла с хлористым калием и фтористым кальцием; ее температура 900—1100°.

Несколько лет назад был предложен метод получения редкоземельных металлов из их амальгам. Последние образуются при восстановлении спиртовых растворов соли на ртутном катоде; анодом служит платиновая проволока. Полученную амальгаму нагревают до высокой температуры в вакууме и отгоняют ртуть, а в сосуде остается чистый металл.

Разработанный в 1945 году метод основан на сплавлении хлорида металла с металлическим магнием. При этом образуются хлористый магний и редкоземельный металл. Соль отгоняют в вакууме, а металл остается в чистом виде. Этот метод может найти широкое распространение в промышленности, так как теперь вакуумная техника широко используется в производстве.

К настоящему времени выделены все металлы цериевой группы и значительная часть металлов иттриевой группы.

Все редкоземельные металлы обладают характерным блеском с различными оттенками — белым, серым и слабо желтым.

По твердости они значительно отличаются друг от друга: церий можно резать ножом, а самарий почти так же тверд, как сталь. Удельный вес их колеблется около 5—7. Температура плавления лантана 826°, иттербия — около 1800°, а температуры плавления всех других полученных металлов располагаются в этом интервале. Образование окислов металлов редкоземельной группы сопровождается выделением значительного количества тепла. При образовании одной грамм-молекулы  $\text{La}_2\text{O}_3$  выделяется 457 больших калорий тепла,  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  — 466, а  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  — 435 больших калорий тепла.

При образовании одной грамм-молекулы  $\text{Al}_2\text{O}_3$  выделяется всего 378 больших калорий тепла. Отсюда следует, что редкие земли способны легко восстанавливать другие металлы.

Применение старых методов и разработка новых облегчает получение как самих редкоземельных металлов, так и их солей. Возникают предпосылки для использования их в промышленности и лабораторной практике. В литературе имеются указания на ряд областей, в которых редкоземельные элементы уже применяются. В настоящее время они находят наибольшее применение в виде фторидов, сотни тонн которых идут на изготовление сердцевин прожекторных углей.

Одной из первых областей, в которой нашли применение редкоземельные элементы, явилась металлургия. Металлы цериевой группы имеют очень низкую температуру воспламенения: Ce — 165°, Pr — 290°, Nd — 270° и при сгорании выделяют большое количество тепла. Так, при сгорании одного грамма церия выделяется 1602 малые калории тепла, при сгорании одного грамма празеодима — 1407 малых калорий, неодима — 1506 малых калорий. При потирании этих металлов, особенно церия, о неровную поверхность их мелкие опилки самовоспламеняются. Благодаря этим свойствам редкоземельные металлы широко применяются для изготовления пирфорных, т. е. легко воспламеняющихся сплавов.

Подобные сплавы готовят следующим образом. Около 300 частей смеси, состоящей из церия, лантана и дидима, носящей название «мишметалла», сплавляют под слоем соли и расплавляют с железом (75—100 частей), медью (5 частей) и хромом (1 часть).

Для повышения прочности сплава и для получения более белых искр добавляют до 2% магния. Получается достаточно твердый сплав, дающий яркие искры. Из этих сплавов готовят «кремешки» для зажигалок, стартеры для автомашин и самолетов.

Незначительные добавки редкоземельных металлов к различным сплавам придают им и другие ценные качества. Так, церий входит в состав присадки при производстве сверхпрочного чугуна.

Благодаря этой присадке чугун становится полноценным заменителем стали для ответственных деталей машин, например, коленчатых валов, дизелей, шатунов, ползунов, шестерней и других.

Из сплава, содержащего 1—30% хрома, 0—50% железа, 0,01—6% тория, 0,02—1,2% церия, и других элементов изготавливают химическую посуду, которая выдерживает высокую температуру.

Сплав алюминия с добавкой меди (5%), никеля (0,3%), тория (0,18%) и церия (около 8%) противостоит действию кислот и морской воды. Алюминиевый сплав несколько иного состава (меди — 2—20%, кремния — 1—8% и церия — 3—12%) обладает хорошей ковкостью. Добавка к алюминию меди (0,5—1%), никеля (0,5—3%), магния (0,1—2,5%), кремния (0,5—2,5%), железа (0,2—20%) и церия (до 1%) дает сплав с небольшим удельным весом и значительной прочностью.

Для изготовления поршней и цилиндров берут сплав, содержащий селен (5—25%), таллий, стронций и лантан (последних около 5%).

Сплав никеля с редкоземельными металлами применяется для изготовления хирургических игл и других подобных инструментов.

Примесь церия к вольфраму облегчает вытягивание из него проволоки. В настоящее время цериевые металлы применяются для очистки железа и стали от кислорода, азота, серы и фосфора, т. е. для легирования стали.

Стекольная и фарфоровая промышленность является важной областью применения солей редкоземельных элементов. Они широко используются для окраски стекол, керамики и эмали. Цвета стекол, окрашенных редкоземельными эле-

ментами, отличаются особой чистотой, прозрачностью, дихроизмом и отсутствием серых тонов. Так, при добавке к стеклу 3,5% окиси церия, оно приобретает красивый желтый цвет с красноватым оттенком. Смесь окиси церия и титана придает стеклу золотисто-желтую окраску. При добавке к основному стеклу солей некоторых редкоземельных элементов в определенных сочетаниях, например, церия с неодимом, неодима с празеодимом, получаются нейтральные, т. е. бесцветные, стекла.

Молибдат церия придает фарфору голубой, титанит церия — яркожелтый, смесь церия и кобальта — синий, церия и хрома — зеленый цвет. Окислы празеодима окрашивают стекла в желто-зеленые цвета, фосфат этого металла дает стекла зеленого цвета, совершенно не имеющие серых тонов. В сочетании с селеном празеодим дает ряд великоколепных тонов.

Окислы неодима окрашивают стекла в синевато-красный цвет. Изучение полировальных образцов стекол, содержащих различное количество окиси неодима, при дневном и искусственном свете показало, что цвет стекла меняется в зависимости от количества окиси неодима и толщины стекла. Это может быть с успехом использовано для декоративных целей. Фосфат неодима окрашивает стекла в пурпуровый цвет.

Существуют специальные очки для стеклодувов, сделанные из дидимового стекла. Они пропускают весь свет, за исключением желтого, характерного для натрия. Эти очки предохраняют зрение стеклодувов.

Способность редкоземельных элементов окрашивать стекла в необычные цвета позволяет использовать их в производстве особых стекол для сигналов, для специальных физических и оптических целей, а также для изготовления искусственных драгоценных камней. В частности, с неодимом получают камни, очень похожие на рубин.

Редкоземельные элементы применяются также для изготовления стекол Крукса, т. е. стекол, пропускающих световые лучи, но не пропускающих ультрафиолетовых. Стекло с добавкой от 2 до 4% окиси церия вызывает полное поглощение ультрафиолетовых и рентгеновых лучей. Это свойство в настоящее время используется для изготовления светофильтров, защитных очков и различных технических стекол.

Окислы неодима и других редкоземельных элементов используются для изготовления специальных линз, улучшающих восприятие цветов и защищающих зрение.

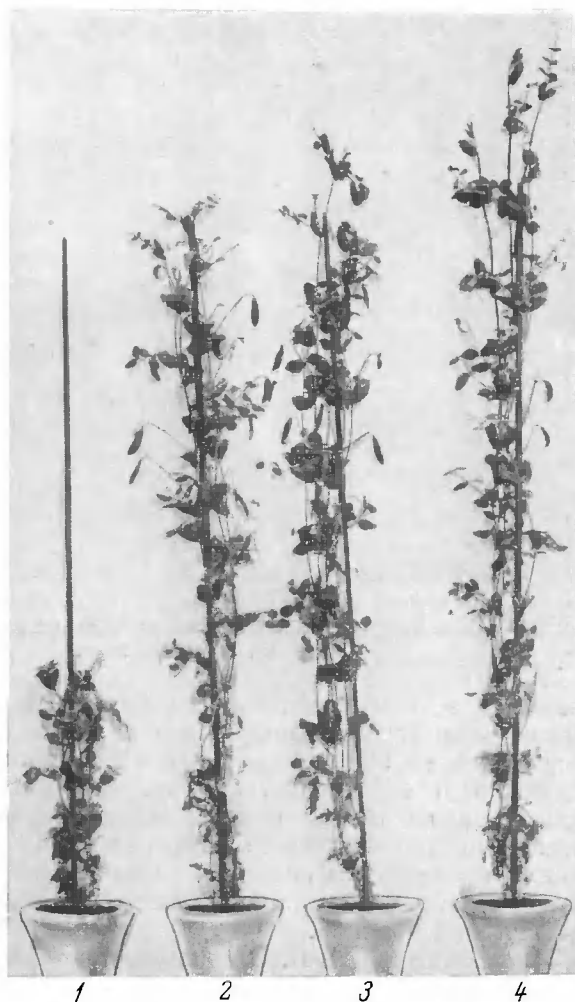
Способность солей церия к флюоресценции позволяет применять их в специальных ртутных лампах. Во время второй мировой войны были сделаны попытки заменить неоновые лампы лампами из флюоресцирующего, т. е. светящегося, стекла, содержащего редкоземельные элементы. Стекла, содержащие редкоземельные элементы, после активации ультрафиолетовым светом дают интенсивную флюоресценцию с длинными волнами.

Советским ученым Т. И. Вайнбергом были изготовлены стекла, содержащие самарий. Спектры поглощения самария в стеклах состоят из четырех резко выраженных полос, расположенных в фиолетовой и ультрафиолетовой областях спектра. Присутствие самария позволяет изучать свойства и строение стекла в зависимости от его состава.

Шлифовка стекол при помощи окислов элементов цериевой группы является одной из основных областей применения редкоземельных элементов. Эти окислы обладают преимуществами перед другими полирующими материалами. Окислы редкоземельных элементов полируют в 2—3 раза быстрее, чем окислы железа, обычно применяющиеся для этой цели. При полировке окислами редкоземельных элементов достигается особая яркость, не исчезающая со временем. Как известно, абразив (т. е. полирующий материал) воздействует на полируемый предмет не только механически, но и химически. Видимо, окислы редкоземельных элементов оказывают особое действие на полируемые поверхности. В настоящее время их применяют не только там, где требуется высокий класс полировки — для полировки точных научных и оптических инструментов, линз, призм и прочих, но и для полировки обычных стекол.

Уже получены обещающие результаты при полировке кристаллов и оптических поверхностей.

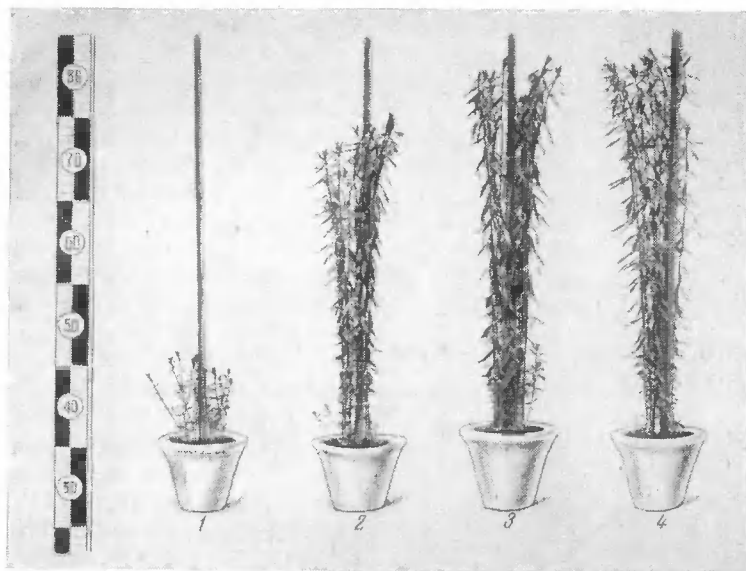
Полирующие порошки готовят следующим образом. Измельченный монацитовый концентрат обрабатывают при нагревании крепкой серной кислотой и затем добавляют насыщенный раствор сульфата натрия. Получающиеся при этом двойные сульфаты редко-



Влияние добавки суммы редкоземельных элементов на развитие гороха

земельных элементов с натрием переводят в гидроксиды, которые отмывают, сушат и прокалывают до окислов. Затем окислы измельчают в тонкий порошок и смешивают с водой до получения пасты. Типичный продукт содержит окиси церия 43%, окислов остальных редкоземельных элементов 49%, окиси тория 6%, окиси натрия 0,1%, кремнезема 1% и некоторое количество трехоксида фосфора и окислов группы железа.

Еще в прошлом столетии Вельсбахом было замечено, что свечение газовых колпачков, применявшихся в то время для газовой керосинокальной освещенности, происходит сильнее, если их пропитывать не чистым



Влияние добавки суммы редкоземельных элементов на развитие льна

торием, а «загрязненным» солями церия. Наилучшее свечение получалось со смесью, состоящей из 99% окиси тория и 1% окиси церия. Эти наблюдения натолкнули исследователей на мысль о возможности применения редкоземельных элементов в химических процессах в качестве катализаторов, т. е. веществ, влияющих на скорость химических реакций.

Советский химик В. С. Садиков с сотрудниками занимался изучением влияния редкоземельных элементов на различные процессы в области органической химии. Он нашел, что катализаторы, содержащие эти элементы, значительно ускоряют некоторые реакции, например, реакции Фриделя-Крафтса, Цинке, Реформатского, Ульмана и других.

Редкоземельные элементы также ускоряют процессы окисления различных органических соединений. Было отмечено, что углеводороды парафинового ряда в присутствии окиси неодима (на окиси алюминия) при 525—650° теряли водород в течение 0,5—20 секунд.

М. Б. Равич и Б. А. Захаров исследовали каталитическое действие редких земель на процесс горения водорода и установили, что скорость горения гремучего газа в присутствии шамота может быть значительно по-

вышена путем нанесения на него смеси окисей тория и церия. При 500° указанный катализатор обеспечивает скорость процесса, равную скорости реакции в присутствии неактивированного шамота при 950°, т. е. снижает температуру при той же скорости реакции на 450°.

Редкоземельные элементы применяются в качестве катализаторов при синтезе как неорганических, так и органических соединений.

Г. Бредиг получил синильную кислоту из аммиака и углеводородов — ацетилена, этилена, метана — и окиси углерода, над окисью церия при температуре 700°. При 20-кратном избытке окиси углерода 70% аммиака превращалось в синильную кислоту.

В 1913 году Г. Бекк применил окислы редкоземельных элементов при анализе органических соединений на водород и углерод. Автор проанализировал ряд соединений и нашел, что на окисление нафталина, бензола и некоторых других соединений, плохо поддающихся окислению в обычных условиях, было затрачено гораздо меньше времени, чем с медным катализатором.

Другие авторы применяли окись церия для микроанализа органических веществ не только на углерод и водород, но и на серу и азот.

В аналитической химии весьма успешно развивается новый метод анализа, носящий название цериметрии, основанный на сильных окислительных свойствах четырехвалентного церия. Сульфат церия  $Ce(SO_4)_2$  применяется для определения мышьяка, сурьмы, олова, фосфора, гипофосфитов, сульфидов, сульфитов и т. п. По этому вопросу имеется обширная литература.

Соли лантана применяются для определения уксусной и плавиковой кислот.

Сельское хозяйство. Как известно, в качестве основных фосфорных удобрений применяются апатиты, фосфориты и другие подобные минералы. Все они в той или иной мере богаты содержанием редкоземельных элементов. А. А. Дробковым были постав-

лены опыты по выяснению влияния добавок микроколичеств редкоземельных элементов на развитие некоторых растений: гороха, льна и других. Эти опыты дали интересные результаты.

Опыты с горохом проводились в шести-литровых стеклянных сосудах. Сумма редкоземельных элементов (Р. З.), церий, лантан и самарий вносились на фоне стандартной питательной смеси в виде азотно-кислых солей в количестве 1; 2,5 и 10 мг на 6-литровый сосуд. Результаты опытов наглядно показывают благотворное влияние добавок суммы редкоземельных элементов на развитие гороха и льна. На рисунках (см. стр. 79, 80) 1 обозначен контрольный опыт без добавки Р. З.; 2 — с добавкой 1 мг Р. З.; 3 — с добавкой 2,5 мг Р. З.; 4 — с добавкой 10 мг Р. З.

Отмечено также, что эти элементы увеличивают урожай фруктов. В этой области сделано еще очень мало, но первые результаты говорят о том, что здесь можно добиться больших успехов.

Другие области применения. В последние годы были синтезированы препараты, содержащие редкоземельные элементы, которые постепенно входят в медицинскую

практику. Ацетаты лантана, неодоима, празеодима и никотинаты неодоима и самария предотвращают образование внутривенных тромбов и предупреждают свертывание крови и плазмы. Наибольшего внимания в этом отношении заслуживает никотинат неодоима, известный в медицине под названием «гепарина». Соли церия могут служить средством против нервных заболеваний. Они обладают антисептическими свойствами и способны повышать общий тонус организма. Обсуждается возможность использования их для лечения болезней кожи, туберкулеза и рака.

Соли редкоземельных элементов применяются также в парфюмерии.

В литературе имеются сообщения о применении этих элементов в качестве полупроводников, для получения сверхнизких температур, для приготовления светящихся красок, для удаления газа из баллонов различных типов ламп. Ацетаты редкоземельных элементов используются для протравы текстильных изделий с целью предохранения их от плесени, огня и моли, а также при крашении тканей.

Таковы свойства и некоторые области применения этих своеобразных элементов.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Д. И. Менделеев.* Основы химии, т. II. *Б. Браунер.* Элементы редких земель, см. *Д. И. Менделеев,* Основы химии, т. II. *Н. А. Орлов.* Об элементах редких земель, Журнал Русского физико-химического общества, 1928, т. LX, стр. 514. *П. Н. Чирвинский.* Редкие земли и их минералы, Природа, 1947, № 4, стр. 30. *Э. Е. Вайнштейн.* Редкие земли и их положение в естественной системе химических элементов, Природа, 1948, № 6, стр. 7. *Д. И. Рябчиков* и *Е. А. Терентьева.* Способы разделения редкоземельных элементов, Успехи химии, 1947, т. 16, стр. 481. *Д. И. Рябчиков,* *Е. А. Терентьева,* *Ю. С. Скляренко.* Аналитическая химия редкоземельных элементов, Труды комиссии по аналитической химии, 1951, т. VI. *Д. Иост,* *Г. Рассель* и *К. Гарнер.* Редкоземельные элементы и их соединения, Иноиздат, 1949. *А. П. Виноградов.* Геохи-

мия редких и рассеянных элементов в почвах, 1950. *Э. П. Либман.* Редкие земли в промышленности, Редкие металлы, 1936, № 6, стр. 34. *В. М. Андреев.* Достижения в области литейного производства, 1951. *Т. И. Вайнберг.* Люминесценция стекол, содержащих Cu, Pb и Sm, Известия Академии Наук СССР, серия физическая, 1949, т. XIII, стр. 203. *Б. Н. Долгов.* Новый метод приготовления и регенерации катализаторов, Журнал общей химии, 1936, т. 6, стр. 1456. *М. Б. Равич,* *Б. А. Захаров.* Каталитическое влияние окислов редкоземельных элементов на процессы горения водорода, Доклады Академии Наук СССР, 1940, т. XXVII, стр. 473. *А. А. Дробков.* Влияние элементов редких земель (Ce, La и Sm) на развитие гороха, Доклады Академии Наук СССР, 1941, т. XXXII, стр. 668.



# ЛАУРЕАТЫ СТАЛИНСКИХ ПРЕМИЙ

## СОТНИ НОВЫХ СОРТОВ СИРЕНИ

*Беседа с селекционером  
Л. А. Колесниковым*



Советское правительство высоко оценило труд творцов передовой науки и техники, изобретателей и рационализаторов производства, преобразователей природы, удостоив их Сталинских премий. Среди них — начальник колонны 1-й автобазы Всесоюзного треста торгового транспорта Леонид Алексеевич Колесников. Вот уже три десятилетия Леонид Алексеевич весь свой досуг посвящает опытам селекции цветущих растений в условиях московского климата. Свой небольшой приусадебный участок в черте города он превратил в опытное поле, на котором произрастает несколько тысяч саженцев замечательной сирени, невиданных форм и сортов.

Упорным трудом, без посторонней помощи, Л. А. Колесников вывел огромное число первоклассных сортов сирени, отличающихся оригинальной окраской, величиной и строением цветка, махровостью и продолжительным цветением. В своих опытах селекционер основывается на мичуринских законах переделки природы.

О Колесникове, как о замечательном оригинаторе, знают не только москвичи, но и любители цветоводства самых отдален-



Л. А. КОЛЕСНИКОВ

ных районов нашей страны. Из Ленинграда, Ферганы, Алма-Аты, Свердловска, Риги и многих других городов в адрес мичуринца прибывают десятки писем с просьбами прислать семена, черенки его новых сортов сирени. Пишут агрономы, работники городского строительства, руководители сельскохозяйственных питомников, любители природы, школьники.

Всеной, когда благоухающий приусадебный участок покрывается чарующей гаммой цветущей сирени, сюда устремляются любители природы и восхищаются замечательными творениями талантливого

натуралиста. 29 мая 1943 года Емельян Ярославский, посетив опытный сад Л. А. Колесникова, оставил следующую запись:

«Что может быть прекраснее любви к природе, если она связана с любовью к человеку, как самому прекрасному в природе. Леонид Алексеевич любит и творит новые формы красоты в природе — разве не служит он этим человеку, который, придет время, покроет землю прекрасными садами. В этих садах я хотел бы видеть такие уголки, как созданный в труднейших условиях уголок тов. Колесникова».

Двумя днями раньше Леонид Алексеевич посетил Алексей Толстой. Очарованный садом, он написал:

«Вы творите красоту, Леонид Алексеевич, — какое занятие выше и благороднее этого! Я уверен, что подмосковные сады будут обязаны Вам новым расцветом. До сегодняшнего дня я думал, что сирень есть сирень, сегодня я увидел волшебный сиреневый сад. Спасибо Вам».

Сотрудники Главного ботанического сада Академии Наук СССР в своем отзыве отмечают, что «коллекция сирени, собранная Леонидом Алексеевичем, представляет огромную ценность в декоративном садоводстве и является лучшей в стране по количеству и качеству собранных в ней сортов».

\* \* \*

Редакция журнала «Природа» обратилась к Л. А. Колесникову с просьбой рассказать о своей работе.

Еще в 1919 году, сказал нашему корреспонденту Леонид Алексеевич, я стал собирать коллекцию сирени из существующих старых классических сортов, произрастающих в различных районах нашей страны. Они то и явились исходным материалом в моей селекционной работе. Применяя метод половой гибридизации, я получил целый ряд интересных по форме цветков сирени, как, например, «Джамбул», «Тамара», «Леонид Колесников» и другие.

В 1921 году мне довелось познакомиться с научным сотрудником Ботанического сада Московского государственного университета Марией Павловной Нагибиной, занимавшейся тогда селекцией многолетников. Пользуясь ее советами, я стал подбирать ассортимент черенков. Благодаря тому, что это растение неприхотливое, я сначала на песчаной почве пользовался не семенным материалом, а побегами, полученными от деления порослей обыкновенных сортов сирени. По мере увеличения коллекции мной овладевало стремление выращивать новые сорта этого замечательного растения, которое должно украсить все наши города, парки, сады, скверы и дворы. Следуя мичу-



Сорт светлолилово-сиреневый

ринским методам селекции, гибридизации и направленного воспитания растений, я стал применять отдаленное скрещивание производителей. Были удачи и неудачи. Но я всегда помнил слова Мичурина: кто не владеет техникой какого-нибудь искусства, науки или ремесла, тот никогда не будет способен создать что-нибудь выдающееся. Я старался в совершенстве овладеть техникой искусства создавать новые виды и сорта сирени.

Путем скрещивания растений и экспериментальных исследований я стал постепенно получать новые и новые оригинальные по форме и цвету экземпляры сирени. Что ни день, то природа награждала меня новыми сюрпризами.

Не довольствуясь скрещиванием, я стал широко применять метод предварительного



Махровая сирень, светло-лилового-розового цвета

вегетативного сближения исходных форм, что облегчало процесс искусственного и естественного опыления. В результате удалось получить ряд оригинальных новых сортов сирени: № 70 «Валентина Гризодубова», № 207 «Зоя Космодемьянская», № 330 «капитан Нестеров» и другие. С этой же целью мною затем были использованы так называемые комбинированные кусты сирени, т. е. кусты, на которых были сделаны прививки различных сортов, взаимно влияющих друг на друга и изменяющих их природу.

В процессе экспериментальной работы пришлось внести много новшеств в методику селекции и агротехники сирени. Гибридизация густомахровых сортов сирени представляет большие трудности. Тычинки и пестики цветков этих растений обычно слабо развиты, и доступ к ним очень затруд-

нен, что мешает скрещиванию. В таких случаях я временно, на один год, создавал для растений таких сортов более суровые условия жизни, пересаживая их на более бедную почву, подрезая при этом их корни. В результате махровость как бы уменьшалась, тычинки стали лучше развиваться и процесс опыления значительно облегчался.

Для селекционера огромное значение имеет ускоренное размножение новых сортов. Для этого после высева семян нового изучаемого сорта я заставляю сеянцы расти в один ствол. Достигается это тем, что все боковые ветки обрезаются, а весной на второй год прищипывается верхушка. Оставшиеся две-три почки дают боковые побеги; на третий год прищипываются все вновь образовавшиеся боковые побеги, а на четвертый — уже закладываются цветочные почки. Получив новый сорт, я размножаю его путем прививки на обыкновенную сирень глазком, черенком или веткой.

Окулировку я начинаю примерно с 21 июля, т. е. когда начинается второе сокодвижение, и заканчиваю в последних числах августа. На опыте установлено, что сирень лучше всего прививать не свежими черенками, а немного увядшими. Такие черенки после прививки сильнее поглощают питательные вещества, в связи с чем привой с подвоем срастается быстрее.

При окулировке новых сортов для контроля прививается на один из сеянцев цветочная почка того же сорта в корневую шейку подвоя. На следующий год цветочная почка начинает расти, давая сильные соцветия, более крупные, чем при обычных условиях. Чтобы ускорить получение цветущих кустей, прививаю не черенками, а веточками со щитками, но также немного подвяленными на солнце или на ветру. Жадно вбирая влагу, они приживаются почти на сто процентов. До прививки жизнеспособность таких черенков составляет всего лишь 25 процентов.

Для таких прививок обычно выбираются побеги, длиной в 2—4 сантиметра, на которых имеются не вполне развитые почки. Эти веточки снимают с побега со щитком, так же как снимают почку с черенка при окулировке. Делая Т-образный надрез на подвое, в него вставляют щитком снятую с черенка ветку и обматывают изоляционной лентой. Этот способ особенно хорош для

прививки в высокий штаб, на большой высоте от поверхности земли. Кроме того, он дает возможность на большом кусте сирени сделать несколько таких прививок. В моем саду есть куст сирени, который представляет собой букет из 24 разнообразных сортов, различных по форме, окраске и продолжительности цветения.

Метод прививки ветками я использую и для спасения почему-либо погибающих кустов сирени. В этом случае с обреченного куста весной брались еще не успевшие распуститься веточки, которые прививались на цветущую в то время сирень. Так удавалось спасти ценные сорта сирени.

Много внимания было обращено на обработку почвы и на методы посадки. В культуре сирени посадка — весьма важный момент. Ошибки, допущенные при посадке, обнаруживаются только в последующие годы, когда исправить их довольно трудно. Большое значение имеет выбор места для посадки сирени и подготовка почвы. Опыт показал, что лучшим посадочным материалом пока является сортовая сирень, привитая на специально воспитанном подвое, полученном из семян сирени «вульгарис» и «венгерская». Такие семена дают меньше поросли, которая осложняет дальнейший уход за сиренью. Возраст посадочного куста может быть от одного года до шести лет и старше. Все зависит от правильной организации посадки и ухода за растением, особенно в первое время после посадки. Сажать сирень можно весной и осенью. Но лучше всего сажать ее по окончании роста и в начале второго сокодвижения, т. е. в конце июля — начале августа.

Мной также разработан метод сохранения сортового материала для прививок. Ранней весной я срезаю ветви сирени и складываю их в тени у основания куста, с которого они были сняты. При наступлении жарких дней я их переношу в прохладное помещение, откуда беру их по мере надобности. Семена сирени собираю в ноябре — начале декабря и подвешиваю их в марлевых мешочках в сухом месте. Просушенные семена я выколачиваю (сорта однорядные), получая 4 семечка, или вылуцываю (сорта

махровые), получая 6—8 семечек из одного плода. Весенний посев производится после предварительной неполной стратификации семян в гряды открытого грунта с питательной землей или в холодный парник. В последнем случае всхожесть семян выше.

В 1926—1927 годах моя коллекция уже насчитывала около ста сортов сирени различных названий. По заключению специалистов, эта коллекция тогда уже была одной из крупнейших по численности сортов в Советском Союзе. Примечательно в 1938 году я имел восемьдесят семян, отличных от родительских форм. Сейчас у меня их около трехсот без определенных названий. Сорок девять новых сортов отмечены специальной государственной комиссией как наилучшие. Среди ранних сортов сирени выделяется «олимпиада», цветки которой — густомахровые, грозди — пирамидальной формы, розовой окраски и с сильным ароматом. Сорт № 212 интересен своими огромными гроздьями, также густомахровыми, с голубовато-розовой окраской цветков. Сорт «гелиотроп», помимо замечательного аромата, выделяется розовой подкладкой. Есть сорта (№ 17 и 44), которые расцветают рано — 14—15 мая. Другие, наоборот, цветут тогда, когда вся остальная сирень уже отцвела (№ 230, 550). Всего на моем опытном участке — 578 разновидностей сирени.

Советское правительство оказывало мне помощь в развитии экспериментальной работы по выведению новых сортов и форм сирени. За счет государства недавно мне построили теплицу и хранилище для растений. Я стараюсь передавать накопленный мною многолетний опыт молодому поколению — студентам Всесоюзной сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева, любителям цветоводства. Веду обширную переписку с учреждениями и отдельными лицами, постоянно обращающимися ко мне за советами и с просьбой о высылке семенного материала новых сортов сирени.

Присуждение высокой правительственной награды — премии имени великого Сталина — вдохновляет меня на дальнейшую упорную работу на благо процветания нашей великой Родины.

---

## МИЧУРИНЦЫ НИКИТСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА



Научные сотрудники Никитского ботанического сада имени В. М. Молотова — К. Ф. Костина, И. Н. Рябов, А. А. Рихтер, Н. К. Арентдт и директор сада А. С. Коверга удостоены Сталинской премии за выведение новых сортов абрикосов, слив, алычи, инжира и маслины.

Дореволюционное садоводство южного побережья Крыма оставило в наследство разнообразные сорта субтропических и косточковых плодовых культур. Однако крайняя пестрота этого ассортимента, случайность его происхождения, биологическая неизученность растений и технологических качеств их плодов потребовали от советских исследователей коренной реконструкции южного пловодства и разрешения сложного комплекса научно-исследовательских задач.

Эти требования вытекали из возросших запросов социалистического народного хозяйства. Плодово-ягодное консервное производство выросло в мощную отрасль пищевой промышленности, крайне нуждающуюся в бесперебойном и массовом ее обеспечении растительным высококачественным сырьем, и при этом в течение длительного промежутка времени.

Унаследованная от прошлого сырьевая база оказалась неспособной удовлетворить эти потребности.

Достаточно привести такой пример. Сезон плодоношения абрикосов в Крыму продолжался всего 7—12 дней, а персиков — 15—20 дней. Между тем было очевидно, что путем правильного подбора существующих сортов в сочетании с новыми эти сроки можно удлинить по крайней мере в 2—3 раза.

Никитский ботанический сад принял активное участие в перестройке пловодства Крыма на основе государственных планов и добился в этом деле значительных успехов.

Коллектив сада развернул целеустремленную работу по критической ревизии местных сортов плодовых культур, мобилизации и изучению диких и культурных форм плодовых отечественного и мирового происхождения, их широкому географическому испытанию в различных экологических условиях среды.

Свыше десяти лет продолжалась эта большая, кропотливая, собирательная работа.

Уже в 1938 году Никитский сад стал обладателем крупнейшей коллекции, состоящей из 1900 сортов субтропических и косточковых плодовых пород.

В саду насчитывалось персиков — 493 сорта, абрикосов — 235, миндаля — 350, слив — 117, алычи — 60, черешни и вишни 129, инжира — 284, маслины — 37, яблони и айвы — 18 сортов. Всестороннее изучение коллекционных фондов позволило выделить из их состава целый ряд наиболее продуктивных сортов и внедрить их в социалистическое производство. Достаточно сказать, что всего было отобрано для потребления в свежем виде и консервирования свыше 150 ценнейших сортов разных плодовых пород.

Наряду с этим Ботанический сад начал работы по созданию новых отечественных сортов плодовых растений, став с первых же шагов на путь великого преобразователя природы И. В. Мичурина.

Никитские селекционеры, вооруженные знаниями плодовых ресурсов, тщательно изучали биологию растений, рост и развитие каждого сорта, технологические особенности плодов, выявляли устойчивость растений к холоду, засухе, болезням и вредителям. Наряду с индивидуальным и массовым отбором, научные сотрудники Никитского ботанического сада проводили внутривидовые и отдаленные скрещивания, привлекали в качестве родительских пар географически далекие виды и формы, применяли испытанные мичуринские методы опыления соцветий смесью пыльцы, сближение, направленное воспитание гибридных семян. Мичуринцы вели свои исследования не только в пределах опытных делянок, но непосредственно в садах колхозов и совхозов, широко вовлекая практиков в творческую селекционную работу.

В итоге были достигнуты замечательные успехи. Уже в 1948 году из представленных в государственную комиссию по сортоиспытанию при Министерстве сельского хозяйства СССР 153 сортов только косточковых плодовых 71 сорт падал на долю селекции Никитского сада.

Давно известна культура маслины, завезенная на Крымский полуостров еще во времена генуэзских и греческих поселений. Но эта культура, дающая лучшее в мире прованское масло, в прошлом встречалась лишь в виде единичных деревьев.

Только в годы советской власти маслиничная культура в Крыму приобрела промышленное значение. Научные сотрудники обследовали местные сорта маслины и выявили из них наиболее урожайные, устойчивые к засухе, морозам и вредителям сорта — «никитская 23», «крымская 172» и другие. Они подобрали опылители, используя большое число сортов, близких по срокам цветения, определили группы сортов по характеру их использования для масла, засолки и консервирования, выявили биохимизм плодов и содержание в них жи-



Старший научный сотрудник И. Н. Рябов у выведенного им персика «турист»

ров, установили наиболее опасных вредителей и разработали меры борьбы с ними.

В результате комплексной селекционной работы Никитским садом выведены новые отечественные сорта маслин — «никитская», «никитская крупноплодная», «крымская», «колхозница» и другие. Среди них особенно интересны сорта «никитская» и «колхозница», превосходящие по своей зимостойкости, урожайности и масличности все известные мировые сорта. Плоды имеют нежную мякоть, они рано созревают и дают до 35 процентов оливкового масла.

Селекционеры сада изучили и подвергли широкому испытанию свыше 350 сортов инжира. Из этого ассортимента были выделены наиболее морозостойкие, с ранними сроками созревания плодов, пригодных для употребления в свежем и сушеном видах. Некоторые из них дают два урожая в год. Большое промышленное распространение получили такие сорта инжира, как «кадота», «финоковский», «фиолетовый», «далматский», «калимирна» и другие.

За последнее время коллективом сада выведено 20 гибридных сортов инжира, плоды которых богаты витамином А и С, высоким содержанием сахара и других питательных веществ. Из этих сортов наиболее ценными оказались «смена», «подарок

Октябрю», «ливадийский», «никитский ароматный», «солнечный» и другие. Некоторые из них наиболее важны своими крупными, мясистыми, рано созревающими плодами, которые содержат в свежем виде до 20 процентов сахара, а в сушеном — свыше 60. Никитские сорта, помимо Крыма, внедряются в районах Грузии, Армении, Азербайджана, Средней Азии и Краснодарского края.

Мичуринскими методами межвидовых скрещиваний китайской трехцветной сливы с крымской местной алычой выведены отличные сорта слив — «победа», «золотисто-оранжевая», «партизанка» и ряд других. Гибридные сливы весьма урожайные, они рано вступают в период плодоношения, устойчивы к болезням и вредителям, дают вкусные и питательные плоды. Сорта широко испытываются в Крыму и на Северном Кавказе.

Весьма продуктивны столовые и консервные сорта абрикосов, созревающие в более благоприятные сроки, чем все известные стандартные сорта. Среди них высокую оценку получили в плодоводстве сорта «комсомолец», «юбилейный», «консервный поздний», «подарок», «находка» и другие, дающие крупные, сочные и сахаристые плоды.

Никитским садом выведено несколько сортов алычи, получивших распространение в производстве. Из них высоко продуктивен сорт «пионерка», полученный из сеянцев местных культур алычей. Его крупные, темнопурпуровые плоды обладают сочной, кислосладкой мякотью, рано созревают. Сорт успешно внедряется в Крымской области и проходит испытания на Северном Кавказе.

Никитский сад получил ряд других весьма продуктивных сортов плодовых культур. Мичуринскими методами скрещивания,

направленного воспитания гибридных сеянцев выведены превосходные сорта персиков: «кремлевский», «Валерий Чкалов», «никитский» и другие.

Эти сорта весьма урожайны, их плоды выгодно отличающиеся своей красивой окраской, крупны, нежны, ароматны, сладки, косточка легко отделяется от мякоти.

Из черешен следует отметить ранние столовые и консервные сорта: «русская», «победа», «ласточка», «южная» и другие. Они тоже выделяются хорошими технологическими качествами плодов, ранним сроком их созревания, что позволяет расширить сезон переработки на одну-две недели.

Большую селекционную работу провел коллектив сада по выведению новых отечественных сортов миндаля, среди которых особенно перспективны сорта — «бумажно-скорлупный», «советский», «никитский позднотцветущий».

Деревья обладают мощным ростом, сильно развитой кроной с большим числом плодоносящих побегов, весьма устойчивы к грибным заболеваниям.

Содружество с практикой и теснейшая связь науки с производством — характерный стиль научной работы сада. Коллектив не ограничивается экспериментальными исследованиями на опытных делянках, а переносит свою селекционную работу в сады совхозов и колхозов Крымской области.

В этих садах организована широкая сеть испытательных участков, куда привлекаются для работы мичуринцы-опытники. Особое внимание сад уделяет развитию плодоводства в зоне орошаемых и обводняемых районов Северо-Крымского канала, где уже организованы опорные пункты по испытанию наиболее устойчивых плодовых культур.

А. И. Векслер

Научный сотрудник

Главного ботанического сада Академии Наук СССР



## ТАЛАНТЛИВЫЙ САМОРОДОК



У подножья Кавказских гор, в селе Магома-лар, Белоканского района, Азербайджанской ССР живет столетний колхозник Магомед Омар-оглы Андиев.

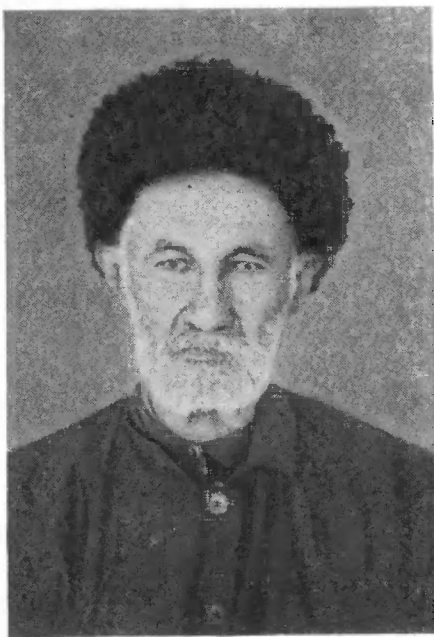
До 70 лет Андиев оставался неграмотным, не умея даже расписаться. Только при Советской власти старик ликвидировал свою неграмотность. Перед ним открылись широкие просторы для творческой работы, а колхозный строй дал ему все возможности развить свои природные способности.

Магомед Омар-оглы овладел многими специальностями, но более всего он полюбил профессию кузнеца. Свыше 70 лет своей жизни отдал Андиев этому полезному труду.

В родном колхозе имени Ворошилова он подготовил 15 кузнецов высокой квалификации. И неслучайно этот колхоз всегда занимает первое место в районе по ремонту сельскохозяйственного инвентаря, машин и построек.

Запасные части и отдельные детали машин Андиев всегда изготавливает сам, внося в это дело много выдумки и творческой изобретательности.

В возрасте 86 лет Андиев, чтобы облегчить труд колхозников, решил создать ма-



М. О. АНДИЕВ

шину для очистки ореха фундука от плюски (обертки). С этой трудной задачей он справился блестяще.

Фундук (лещинный орех) — субтропическое растение. В основном он распространен в Азербайджане, Грузии, Краснодарском крае и Крымской области.

Фундук — ценнейшая культура, по содержанию и качеству масла превосходящая многие виды растительного сырья; этот орех содержит много белка и необходимые для организма витамины (в частности, ниасин, элемент сложного витамина В), которые регулируют важные жизненные функции человеческого организма.

Масло из орехов фундука — очень вкусное, ароматное и не уступает миндальному. Оно высоко ценится и применяется в медицине, живописи, парфюмерии. Ядро лещинного ореха — незаменимое сырье для кондитерской промышленности. Оно облагораживает, повышает вкусовые качества и калорийность многих пищевых изделий.

Листья и плюска ореха содержат много дубильных веществ и используются в кожевенном производстве.

Цветение фундука начинается в феврале, а орехи созревают в августе, они покрываются зеленой оболочкой — плюской, прочно прикрепленной к скорлупе. Чтобы снять ее, орехи ссыпают в большие кучи; здесь масса согревается, плюска прет, теряет упругость, а орех приобретает темнокоричневую окраску. Называется это ферментацией. Проферментированные таким способом орехи фундука просушиваются, а затем очищаются от плюски.

Очистка от плюски до последнего времени производилась вручную и весьма примитивно. Так, например, по вороху орехов гоняли буйволов. Наступая на них копытами, они сдирали плюску. Для очистки применяли и так называемые молотильные доски, которые лошадьми волочились по орехам. Ручная очистка ореха — тяжелый, малопроводительный и изнурительный труд. Достаточно сказать, что одна работница за смену может очистить 35—40 килограммов ореха. При такой низкой производительности только по одной Закатало-Нухинской зоне, Азербайджанской ССР, где ежегодно собирается 8—10 тысяч тонн ореха, на очистку плюски требуется затратить 20—25 тысяч человеко-дней.

Вполне естественно, что колхозы и совхозы в самый напряженный для сельского хозяйства уборочный период не могут выделить такого огромного числа рабочих. Орехи, оставаясь длительное время в кучах, портятся. К тому же и допотопные способы очистки приводят к значительным потерям — до 30 процентов урожая. Колхозам наносится материальный ущерб, а промышленность лишается большого количества ценного сырья.

Несовершенство и отсталые способы очистки ореха от плюски до сих пор являлись основным тормозом в дальнейшем развитии культуры фундука.

В 1950 году был изготовлен первый образец плюскоочистительной машины конструкции колхозника Андиева. Государственное испытание машины в 1951 году дало блестящие результаты. Оказалось, что машина обеспечивает полную очистку ореха, и сырье сдается государству без потерь и порчи.

За восьмичасовой рабочий день машина очищает до 6 тонн орехов фундука. Она повышает производительность в 25 раз и освобождает колхозников от тяжелого изнурительного труда. Общая экономия от внедрения этой конструкции составляет свыше 6 миллионов рублей в год. Машина Андиева компактна, она весит до 0,5 тонны и легко может быть переброшена на автомашине из одного колхоза в другой. Такой машины до сих пор не было ни у нас в СССР, ни за границей.

История еще не знала случая, чтобы простой человек в возрасте ста лет проявлял такие творческие созидательные способности на благо своего народа, каким прославил себя колхозник Магомед Омар-оглы Андиев.

Это возможно только в стране колхозного строя, где партия Ленина—Сталина неустанно воспитывает, пробуждает все новые и новые таланты и творческие силы, тающиеся в народе.

Советское правительство высоко оценило изобретение талантливого сына азербайджанского народа — колхозника Магомед Омар-оглы Андиева, присвоив ему высокое звание лауреата Сталинской премии.

*А. И. Онучак*  
Кандидат сельскохозяйственных наук

---

# В ИНСТИТУТАХ И ЛАБОРАТОРИЯХ

---

## НАШИ ПЛАНЫ И НОВЫЕ ТРУДЫ

*Беседа с директором Института мозга профессором*

*С. А. Саркисовым*



Как установил великий русский физиолог И. П. Павлов, кора головного мозга представляет совокупность анализаторов, которые подвергают анализу и синтезу все раздражения, влияющие на организм и поступающие из внешней и внутренней среды.

Исходя из основного биологического положения о единстве организма и среды, И. П. Павлов вскрыл функциональное значение корковых анализаторов, их аналитическую и синтетическую роль в процессах высшей нервной деятельности. Он гениально определил направление дальнейших исследований, необходимых для выявления сложных функциональных и структурных механизмов анализаторов в их взаимоотношении с внешней и внутренней средой.

В свете этих представлений Институт мозга изучает строение анализаторов — слухового, зрительного, двигательного, кожного и других. Работа ведется комплексными методами — морфологическим, условно-рефлекторным и электрофизиологическим. Как и в прошлые годы, эти исследования осуществляются на основе изучения эволюции нервной системы.

До самых последних лет в стенах нашего Института особенно полную разработку получили вопросы строения коры больших полушарий головного мозга в видовом и индивидуальном развитии. Это потребовало изучения большого материала. Были, в частности, изучены мозги представителей класса рептилий (ящериц, змей, черепах, крокодилов), различных млекопитающих — сумчатых насекомоядных, грызунов, хищ-

ных, ластоногих, китообразных и приматов (разные виды обезьян — оранг-утанги, шимпанзе, макаки и другие). Но особенно много внимания, конечно, было уделено исследованиям мозга человека, проведенным на большом материале.

В процессе этих работ нашими сотрудниками были вскрыты некоторые закономерности в организации тончайших морфологических структур мозга. Так, на основе изучения эволюции мозга профессором И. Н. Филимоновым дана новая классификация формаций коры большого мозга, выявлен ряд закономерностей, характеризующих эволюцию коры большого мозга у млекопитающих. Эти исследования вносят новые данные в проблему локализации функций у различных представителей млекопитающих соответственно их биологическим особенностям и проливают свет на ряд функциональных и структурных особенностей коры большого мозга.

Исследования сотрудников Института, исходя из закономерностей, установленных на мозге человека, вскрыли особенности в формировании различных областей коры мозга обезьян, определили сходство и различие их с мозгом человека.

Установлено также неодинаковое развитие во внутриутробной жизни и в первые годы после рождения отдельных областей мозга, различных по своему филогенетическому происхождению. Это особенно ярко можно проследить на примере развития трех областей коры больших полушарий — затылочной, нижней теменной и лобной.

На основе проведенных исследовательских работ Институт издал ряд научных трудов по отдельным вопросам архитектоники мозга. Основным из них является вышедшее руководство по цитоархитектонике коры большого мозга человека.

Книга подводит итоги двадцатилетней работы Института и обобщает результаты его исследований. Выход в свет этого труда был отмечен как несомненное достижение советской неврологической науки, так как он представляет собой единственное подобное руководство для врачей, биологов и других научных работников. Впервые в отечественной литературе эта книга в систематическом и сжатом виде излагает архитектурное строение мозга человека, а также видовое и индивидуальное его развитие.

Однако на теоретической конференции коллектива Института и приглашенных специалистов был отмечен ряд недостатков книги, основным из которых является недостаточное проникновение идеями И. П. Павлова о высшей нервной деятельности. Сейчас коллектив Института занят тем, чтобы, учтя справедливую критику, подготовить новое издание этого руководства.

Готовится к печати Атлас архитектоники коры большого мозга, содержащий большое число таблиц, микрофотографий и текст.

Как известно, Институт мозга впервые в Советском Союзе начал исследования биоэлектрических явлений центральной нервной системы и специально коры большого мозга. Для этой цели применяется тонкий прибор — осциллограф с усилителем, позволяющий регистрировать чрезвычайно слабые токи, имеющие напряжение в миллионные доли вольта. При помощи этой аппаратуры удается записывать на ленте электроэнцефалограмму, отражающую биоэлектрические явления головного мозга, изменяющиеся в зависимости от влияния внешней и внутренней среды.

Работами Института показаны биоэлектрические особенности структур коры большого мозга. Так, было показано состояние биоэлектрических явлений коркового конца анализаторов — слухового, зрительного и двигательного в норме и в патологии. В частности, были выявлены изменения биоэлектрической активности мозга при экспериментальных злокачественных опухолях у животных.

Современные достижения биохимии общезвестны, но сравнительно мало внимания уделялось биохимии центральной нервной системы. Наша задача — разработать биохимические показатели, соответствующие различным структурным особенностям отдельных областей коры большого мозга и подкорковых образований.

План Института на 1952 год намечает широкую программу научно-исследовательских работ. Будут исследоваться все звенья анализаторов — от рецептора до коркового конца. Предполагается изучить системы зрительного, слухового, кожного, двигательного, обонятельного анализаторов, а также выяснить значение лобной и лимбической областей коры больших полушарий в свете идей И. П. Павлова. Сочетанием методов — электрофизиологического и условных рефлексов — намечается изучить движение нервных процессов (возбуждение и торможение) между корковыми концами анализаторов и между слоями коры, а также в коре больших полушарий мозга человека при реакции на звуковые и словесные раздражения (взаимодействие второй и первой сигнальных систем).

Коллектив Института мозга полностью осознает, что основным условием решения поставленных перед ним задач являются дальнейшее освоение идей великого физиолога И. П. Павлова, вооруженность научных работников Института теорией марксизма-ленинизма.



---

# ИЗ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКИ

---

## ВЫДАЮЩИЙСЯ РУССКИЙ ФИЗИК

(К Сорокалетию со дня смерти П. Н. Лебедева)

*Член-корреспондент Академии Наук СССР*

*В. К. Аркадьев*



40 лет назад, 14 марта 1912 года, отечественная наука потеряла крупнейшего ученого и организатора первой большой школы физиков в России, Петра Николаевича Лебедева. С именем Лебедева связаны важнейшие открытия в физике, оказавшие влияние на дальнейшее развитие ряда областей знания. Его имя занимает почетное место в славной плеяде корифеев русской науки.

Петр Николаевич родился в Москве 8 марта 1866 года в купеческой семье. Проявившийся еще в ранние годы горячий интерес к точным наукам был причиной долгой борьбы с отцом, желавшим дать сыну коммерческое образование. Петр Николаевич еще в школьные годы пробовал производить опыты с электричеством. Этому, как теперь стало известно, немало способствовал близкий знакомый семьи Лебедевых, электротехник А. Н. Бекнев.

Во второй половине XIX века бурный рост промышленности в России стимулировал развитие естествознания и техники, а особенно физики, химии. В этот период отечественная наука дала много научных и технических открытий. Развитие техники и науки, несомненно, оказывало влияние на интересы подрастающего поколения и привело к тому, что увлечение естественными науками в России приняло массовый характер.

Стремление самому сделать что-то значительное или стать изобретателем побудило Петра Николаевича поступить в техническую школу. Однако случай с изобретенной им электрической униполярной машиной, ко-

торая не оправдала его надежд, явился поворотным моментом в его интересах: Лебедев мало-помалу находит вкус в изучении самих физических явлений и их законов и от изобретательства переходит к чисто научным задачам. Первые исследования Петра Николаевича начались в физической лаборатории Высшего технического училища, студентом которого он был. Как мне рассказывал А. А. Эйхенвальд, известный физик, друг и товарищ П. Н. Лебедева, они вдвоем ставили опыт, который должен был обнаружить переход внешней энергии газа во внутреннюю. Так как они ожидали, что такой переход можно заметить только через много лет, то они замуровали в стену Училища большой сосуд, с хорошей тепловой изоляцией, снабженный манометром. Через долгое время, рассчитывали юные экспериментаторы, давление газа должно измениться. Насколько мне известно, этот скрытый в стене прибор пока никем не был найден.

Быстро развивающиеся широкие по замыслу и глубокие по содержанию научные интересы Петра Николаевича не замедлил обнаружить профессор В. С. Щегляев, порекомендовавший Лебедеву поехать в Страсбургский университет, к профессору А. Кундту. Не окончив Технического училища, в 1887 году Лебедев поступил в Страсбургский университет. Не прошло года, как Петр Николаевич резко выдвинулся среди учеников Кундта. Профессор А. Кундт был поражен талантливостью молодого Лебедева.

В годы пребывания в физической лаборатории в Страсбурге у П. Н. Лебеде-

ва созрел план научных работ, который в дальнейшем оказался основой всех его будущих исследований. П. Н. Лебедева уже тогда занимала природа молекулярных сил и строения вещества — одна из актуальных проблем физики. Вместе с этим он глубоко заинтересовался новой теорией света, о которой говорили, как о концепции, полной парадоксальных выводов. Это была электромагнитная теория света, выдвинутая Максвеллом в 1864 году и только что подкрепленная опытами Герца 1887 года. Эти научные интересы Лебедева и обусловили первые исследования, сделанные им за границей, касающиеся изучения электрических свойств молекул и отталкивающего действия лучейспускающих тел.

Полный планов научных исследований, Лебедев возвратился в 1891 году на Родину, в Москву. Благодаря А. Г. Столетову, являвшемуся тогда центральной фигурой среди физиков России, Лебедев организовал в тесном помещении физической лаборатории Московского университета научные исследования. Из этой мало удобной для научных работ лаборатории вышли замечательные по своему матерству и глубине исследования П. Н. Лебедева.

Первая его работа была посвящена изучению пондеромоторного (двигательного) действия электромагнитных волн на электрические и магнитные резонаторы (1894), а затем такого же действия акустических и гидродинамических волн на механические резонаторы (1897). Этой серией работ Лебедевым было установлено, что волны любой физической природы производят пондеромоторное действие на соответствующие резонаторы. Величина этого действия пропорциональна энергии падающей волны. Оно может быть либо отталкивающим, либо притягивающим, в зависимости от отношения частот собственных колебаний резонатора и падающей волны. Эта закономерность, по мнению Лебедева, открывала путь к объяснению природы молекулярных сил.

Ввиду большой ценности полученных результатов и оригинальности постановки самих экспериментов этого цикла работ, изложенного в его диссертации «Экспериментальное исследование пондеромоторного действия волн на резонаторы», Лебедеву была присуждена русская ученая степень доктора физико-математических наук (степень

доктора Страсбургского университета П. Н. Лебедев получил в 1891 году).

Интерес к электромагнитной теории света, тогда еще полностью не признанной, побудил Лебедева поставить эксперименты, которые могли бы шире показать тождество свойств электромагнитных волн, возбуждаемых электрическими приборами, и световых волн. С этой целью Лебедев прежде всего сконструировал специальный вибратор, позволивший получить самые короткие в то время электромагнитные волны (до 3 миллиметров длины). Работая с волнами длиной в 6 миллиметров, Петр Николаевич обнаружил двойное преломление электромагнитных лучей. Все эти исследования явились преддверием последующих работ Лебедева по световому давлению.

Световое давление пытались обнаружить такие ученые, как Френель, Риги, Крукс и другие зарубежные физики. Все попытки решить эту задачу кончались неудачей. Эти неудачи в известной мере навевали сомнение в существовании сил светового давления. За эту трудную задачу взялся П. Н. Лебедев. Экспериментаторский талант, глубокая уверенность в успехе дела и сознание важности решения вопроса для науки помогли ему преодолеть чрезвычайные трудности этой сложной проблемы физики конца XIX века. П. Н. Лебедев сообщил о своем открытии на конгрессе физиков в Париже в 1900 году.

Открытие светового давления доставило П. Н. Лебедеву всемирную известность. Ученые всего мира отдавали себе отчет в том, какие экспериментальные трудности преодолел Петр Николаевич и какое значение имело решение этой проблемы для развития науки. Лебедев был признан крупнейшим физиком и искуснейшим экспериментатором своего времени. В архивах Академии Наук сохранилось множество писем от известнейших физиков к Лебедеву.

П. Н. Лебедев обладал удивительной способностью улавливать пути развития науки и предугадывать решение научных проблем. Он ясно представлял, что решение проблемы светового давления на газы откроет не только природу кометных хвостов, но позволит сделать шаг на пути к новым представлениям в физике, связанным с взаимодействием световых волн с атомами. В возможности обнаружения сил светового давления большинство ученых не были уверены,



W. A. Seeger

а другие вообще не признавали, что свет может оказывать давление на газы. Лебедев решил эту проблему, чем оказал значительное влияние на развитие астрофизики.

Через три года после этого открытия, в 1913 году киевский физик Ч. Ф. Бялобржеский, ученик И. И. Косоногова, построил теорию равновесия сил теплового движения, светового давления и тяготения внутри звезды<sup>1</sup>. В 1916 году формулу Бялобржеского вторично вывел Эддингтон, которому несправедливо приписывается приоритет в создании этой теории.

В 1911 году в результате действия реакционных сил, направленных против передовых деятелей русских университетов, группа прогрессивных профессоров в знак протеста покинула Московский университет. Среди них был и П. Н. Лебедев. Эти события подорвали его здоровье.

14 марта 1912 года П. Н. Лебедев умер. Передовая интеллигенция России со скорбью приняла эту тяжелую утрату русской науки. Великий русский ученый И. П. Павлов сказал по поводу преждевременной смерти Лебедева: «Когда же Россия научится беречь своих выдающихся сынов — истинную опору человечества?».

Я, как ученик П. Н. Лебедева, позволю себе в этой небольшой статье коротко привести некоторые воспоминания о моем незабвенном учителе.

Первое мое знакомство с Петром Николаевичем связано с моим посещением его единственных тогда в Москве коллоквиумов по физике, в которых я постоянно участвовал с 1904 года, будучи студентом Московского университета.

Еще гимназистом я пришел к мысли об определении скорости движения Земли через эфир. Поделиться этими соображениями было не с кем. О своем проекте я написал в редакцию одного популярно-научного журнала, издававшегося профессорами Петербургского университета («Вестник и библиотека самообразования»), но их ответ в «Почтовом ящике» журнала показал лишь то, что консультантам редакции смысл моего вопроса был чужд. Только Петр Николаевич оказался хорошо осведомленным в этом вопросе:

<sup>1</sup> Дневник XIII съезда русских естествоиспытателей и врачей в Тифлисе, 1913, № 10, стр. 301—302. Журнал РФХО, часть физическая, т. 46, 3, 1914, стр. 137—162.

он сам много им занимался, убедился в невозможности его решения и потому отнесся резко отрицательно к моей затее.

Петр Николаевич был в курсе всех наиболее жизненных вопросов физики и в разных областях ее работал сам. За два года перед нашим разговором он сам пытался наблюдать влияние движения Земли на тела: обнаружить появление электродвижущих сил в металлических стержнях, движущихся вместе с Землей по ее орбите. Эти опыты представляли собою развитие идеи Роуланда и имели целью найти причину земного магнетизма.

Тогда уже мне начали попадаться статьи, отрицавшие возможность решения задачи о движении Земли в эфире, но только после разговора с Петром Николаевичем я оставил начатые опыты. Обнародованный через несколько месяцев принцип относительности Эйнштейна подтверждал бесплодность подобных опытов.

Однажды я пригласил Петра Николаевича посмотреть мой аппарат для определения скорости движения Земли через эфир. В конце разговора он обратил внимание на стоявшие рядом мои приборы для изучения диффракции под большими углами внутри геометрической тени экрана. Петр Николаевич оказался в курсе и этих вопросов. Эта беседа решила мою судьбу: с тех пор он взял меня под свое постоянное наблюдение. Сначала он направил меня в практикум профессора Соколова, снабдив рядом полезных указаний и советов, а в 1906 году пригласил работать в свою лабораторию.

Как исключительно одаренный человек, прокладывавший себе дорогу силой своего таланта, Петр Николаевич придавал большое значение самообразованию, расширению кругозора. Он говорил: «Читайте все, может быть, вы не сразу все будете понимать, но пройдет время, и вы усвоите то, что надо для вашей работы. Не стремитесь много бывать в лаборатории — больше читайте, думайте и проектируйте: составляйте проекты новых опытов и исследований. Пусть многое из этого будет ошибочно, быть может, завтра же вы разочаруетесь в том, что написали или начертили сегодня. Составление проектов на бумаге не требует никаких материальных затрат: если у вас нет средств для постановки опытов в лаборатории, то для проектов на бумаге у вас есть все. Когда вы находите нужным взять палладиевый стержень,



то пишете на чертеже: стержень из палладия, такой-то длины и такого-то сечения.

Читая книги, журналы, брошюры, записывайте, где, когда, что прочитано, том, год, страницу журнала».

Сам Петр Николаевич показывал мне толстую книгу, в которую он вписывал все приходившие ему в голову мысли, проекты опытов и работ. Теперь эти книги—дневники Петра Николаевича—наша молодежь изучает по фотокопиям и раскрывает широту и глубину идей и проектов, возникавших в период творческой деятельности великого физика. Некоторые из них не потеряли научного интереса и в наши дни.

Большинство научных тем, предлагавшихся П. Н. Лебедевым своим ученикам, были занесены в книгу-дневник задолго до их осуществления. Тему же исследований, определивших дальнейшие мои научные интересы, Петр Николаевич предоставил мне выбрать самому. Сначала он отверг мое желание исследовать магнитные свойства вещества при быстрых колебаниях электромагнитного поля и предложил заняться инфракрасной спектроскопией, так как это входило в его программу исследовать отношение вещества к волнам разной длины. Для этого надо было спроектировать специальный спектрограф, к разработке которого я и приступил в 1906 году.

В то время Петр Николаевич читал факультативный курс «Современные задачи физики», подобный которому, как он сам говорил на лекциях, еще ни в одном университете никогда не читался. Этот курс привлекал к себе очень большое число слушателей, не только студентов, но и преподавателей университета, а также посетителей со стороны.

После одной из лекций, на которой он рассказывал об опытах Хагена и Рубенса, обнаруживших, что в длинных инфракрасных волнах ферромагнитные металлы теряют способность намагничиваться, Петр Николаевич возобновил со мной разговор о теме

моей работы. Теперь, взамен работы со спектрографом, он предложил мне выяснить, способны ли ферромагнитные металлы, т. е. железо, никель и другие, намагничиваться в магнитных полях сантиметровых электромагнитных волн.

Эта тема как нельзя больше отвечала моему собственному желанию исследовать намагничивание в переменных полях. За период 1907—1911 годов мной в лаборатории П. Н. Лебедева были исследованы многие случаи распространения электромагнитных волн в магнетодиэлектриках и в ферромагнетиках. Мной были обнаружены весьма интересные закономерности как при отражении волн от решеток из проволоки, так и при поглощении волн, распространяющихся в железных, никелевых и других проволоках. Наступившее в начале 1912 года значительное ухудшение здоровья помешало Петру Николаевичу довести начатый им просмотр моей рукописи до конца. Она была опубликована уже после смерти Петра Николаевича. Через год введением комплексной магнитной проницаемости мне удалось объяснить кажущееся количественное разногласие результатов, полученных двумя названными методами.

Некоторые биографы Лебедева утверждают, что Петр Николаевич как учитель ярче всего проявлял себя в лаборатории, в интимной обстановке, среди своих учеников. Лично я знал его в более поздний период и больше всего получил от Петра Николаевича на его семинарах. Его замечания на коллоквиумах приближали нас к самому горнилу научных работ, проводившихся как в России, так и за границей.

В своих выступлениях он часто вскрывал экономическую подкладку многих научных исследований: изучения абсолютно черного тела, проблемы освещения, многих проблем электротехники и т. п. Он часто разъяснял нам внутреннюю связь между промышленным ростом той или иной страны и расцветом в ней научно-исследовательской работы.

# ПЕРВАЯ БОЛЬШАЯ ШКОЛА ФИЗИКОВ В РОССИИ

*А. Р. Сердюков*



С именем П. Н. Лебедева — крупнейшего физика конца XIX и начала XX веков — связаны научные исследования, во многом предрешившие дальнейшее развитие ряда областей физики и астрономии.

Огромной важности вклад в науку П. Н. Лебедев сделал открытием в 1899 году светового давления на твердые тела<sup>1</sup> и в 1907 году — на газы<sup>2</sup>. Его опыты сыграли решающую роль в утверждении электромагнитной теории света, нанесли удар по механистическим воззрениям в физике, установили, что свет обладает импульсом и массой.

Эти опыты показали, что между массой света и энергией существует связь. Количественное соотношение между массой и энергией широко используется в современной физике. Открытие светового давления позволило также построить теорию внутреннего строения звезд и объяснить целый ряд физических явлений в астрономии.

Решая проблему молекулярных сил, Лебедев поставил вопрос о роли волновых процессов в природе междумолекулярных взаимодействий. Опытным путем он установил, что различные по своей физической природе волны способны воздействовать на тела, вызывая их притяжение к источнику волн или отталкивание от него.

Сделанные Лебедевым предварительные опыты по обнаружению намагничности

вращающихся массивных тел хотя и не дали ожидаемого эффекта, однако сама физическая сущность идеи нашла свое дальнейшее развитие в работах современных ученых, установивших, что величина напряженности магнитного поля некоторых вращающихся массивных тел (Земля, Солнце и др.) растет с увеличением массы и скорости собственного вращения<sup>1</sup>.

Уже этот беглый обзор научных работ Лебедева показывает, что в лице Петра Николаевича отечественная наука имела крупнейшего физика своего времени. Значение всего достигнутого им с еще большей отчетливостью выясняется в настоящее время.

П. Н. Лебедев был не только крупнейшим ученым своего времени, но и выдающимся организатором и «насадителем науки в дорогом отечестве». Им была создана первая большая научная школа физиков в России — новая форма организации научного исследования. Эта школа физиков в России ведет свое начало со времени развертывания П. Н. Лебедевым научных исследований в физической лаборатории Московского университета, руководителем которой был выдающийся русский физик А. Г. Столетов.

О побудительных причинах организации коллективного научного исследования говорят следующие слова Петра Николаевича, записанные им в начале 1893 года в дневнике: «Обилие мыслей и проектов не дают мне спокойного времени для работы»<sup>2</sup>. В

<sup>1</sup> Archives des sciences phys. et natur., Genève, 1899, t. VIII, p. 184.

<sup>2</sup> Журнал Русского физико-химического общества, т. XL, часть физическая, отдел I, выпуск I, 1908, стр. 20—21.

<sup>1</sup> См. журнал «Успехи физических наук», т. 33, 1947, вып. I, стр. 52.

<sup>2</sup> Архив АН СССР, ф. 293, оп. I, № 90.

этом же году Лебедев предложил студентам и сотрудникам ряд научных тем. Одна из них — «Исследование преломления электрических лучей в призме» — была предложена сотруднику кафедры физики Н. П. Кастерину<sup>1</sup>.

Две другие темы, повидимому, были связаны с желанием Лебедева изучить отдельные стороны некоторых явлений, связанных с колебательными процессами вблизи точек резонанса. Эти явления предполагалось использовать при исследовании действия волн на резонаторы. С той же целью Лебедев поручил студенту П. Б. Лейбергу изучить «отзывчивость акустических резонаторов измерением давления звука».

Лейбергу удалось найти удобную методику определения скорости затухания акустических резонаторов. Работа была сразу же опубликована<sup>2</sup>. Этим было положено начало экспериментального исследования закономерностей, связанных с колебательными процессами. Сюда же относятся работы студентов В. Зернова, В. Альтберга и Н. Кацова по экспериментальному изучению давления звуковых и гидродинамических волн, выполненные в последующие годы. Эта серия работ учеников Лебедева была тесно связана с одним из пунктов обширного научного плана Петра Николаевича, предполагавшего исследовать механическое воздействие волн на резонаторы. Блестящие исследования, посвященные этому вопросу, были выполнены им в 1897 году и доставили П. Н. Лебедеву русскую степень доктора (1899), минуя магистерскую, что являлось редким случаем в тогдашней практике университетов.

Вторая серия работ учеников Лебедева, касающаяся исследования диэлектриков в поле коротких электромагнитных волн, зародилась в связи с подготовкой Петром Николаевичем демонстрационных опытов с электромагнитными волнами для съезда русских естествоиспытателей в декабре 1893—январе 1894 года.

<sup>1</sup> Впоследствии — профессор физики Одесского университета. От предложенной Лебедевым темы Кастерин отказался, занявшись исследованиями по акустике. Работа была выполнена самим Лебедевым и опубликована в 1895 году под названием: «О двойном преломлении лучей электрической силы».

<sup>2</sup> См. Журнал Русского физико-химического общества, т. XXVIII, вып. 4, 1896, стр. 93—120.

Огромный успех опытов Лебедева на съезде оказал известное влияние на тематику научных работ не только школы Лебедева, но и целого ряда русских ученых. Об этом убедительно свидетельствует множество писем, полученных Лебедевым как от физиков, так и от других естествоиспытателей. По поводу опытов Лебедева с короткими электромагнитными волнами писали из Нижнего-Новгорода, из Костромы, из Харькова, из Тулы и Оренбурга и многих других городов России. Корреспонденты просили помощи в организации исследований с электромагнитными волнами. Один из них справедливо заметил в своем письме к Лебедеву: «Простите покорнейше за тот бесперомный поток вопросов и просьб. Вы сами виноваты до некоторой степени в этом, так как расшевелили своими опытами нашу сонную мысль»<sup>1</sup>.

Результаты последующих исследований П. Н. Лебедева были опубликованы в работе «О двойном преломлении лучей электрической силы» (1895). Эта работа подготовила почву для изучения диэлектрических свойств вещества в поле электромагнитных волн. Среди первых исследований этой группы назовем работу А. Р. Колли о дисперсии электромагнитных волн в жидкостях и работу Т. П. Кравца по измерению диэлектрической проницаемости воды в поле высокой частоты.

Так возникли первые два направления научных исследований по акустике и по электромагнитным колебаниям в только что зарождающейся русской школе физиков. Вместе с качественным ростом молодая школа из года в год росла количественно: к 1901 году под руководством П. Н. Лебедева над отдельными научными темами работала уже группа его учеников: А. Р. Колли, В. Д. Зернов, Н. Н. Златовратский и другие. В начале 1901 года состоялось первое заседание коллоквиума Лебедева<sup>2</sup>.

Естественно, организация школы физиков открывала большие возможности подготовки научных кадров для страны. С 1894 по 1900 год было оставлено для приготовления к профессорскому званию по физике пять человек (из них учеников Лебедева два: Лейберг и Кравец), к 1902 году, когда школа

<sup>1</sup> Архив АН СССР, ф. 293, оп. 3, № 130.

<sup>2</sup> См. «Природа», 1917, № 3.

Лебедева была уже окончательно организована, число физиков, оставленных для приговления к профессорскому званию, удвоилось. В 1905 году была организована большая физическая лаборатория, и это число возросло более чем в четыре раза<sup>1</sup> по сравнению с 1894 годом. В лаборатории Лебедева в это время работали В. Я. Альтберг, Н. А. Капцов, А. К. Тимирязев, Н. Н. Златовратский, А. Б. Млодзевский и другие. Таким образом, школа П. Н. Лебедева являлась не только центром научного исследования, но также и центром подготовки научных кадров.

Однако не все понимали значение школы П. Н. Лебедева. Правление университета всякий раз отказывало Петру Николаевичу в средствах для оборудования лаборатории<sup>2</sup>. В то же время в распоряжении правления для приобретения оборудования только что выстроенному физическому институту имедась сумма в пятнадцать раз большая, чем просил Лебедев. Все это привело к тому, что Петр Николаевич официально заявил о своем отказе руководить лабораторией. Вот что он писал в своем заявлении: «В настоящее время в моем распоряжении находятся лишь те три прибора, которые были приобретены на отпущенную в мое распоряжение штатную сумму (в 533 рубля), а именно: один индукторий, один ртутный насос и один токарный станок. С таким инвентарем я отказываюсь заведывать и руководить работами по специальным исследованиям по физике»<sup>3</sup>.

Такое отношение приводило Лебедева в отчаяние: «Я ничего не могу думать, ничего делать, — вся моя деятельность насадителя науки... представляется мне какой-то безвкусной канителью, я чувствую, что я, как ученый, погибаю безвозвратно: окружающая действительность — какой-то непрерывный одуряющий кошмар, беспросветное отчаяние»<sup>4</sup>, — писал в начале 1905 года Петр Николаевич своему другу Голицыну.

Прогрессивная русская интеллигенция понимала, что Лебедев делает великое для России дело, а его научные труды составляют гордость не только университета, но и России. Как писал К. А. Тимирязев,

потерять такого талаптливого ученого было бы большим позором для университета.

Ценой огромных усилий, при содействии прогрессивно настроенных профессоров университета, Лебедеву удается организовать в 1905 году большую научно-исследовательскую физическую лабораторию, в которой одновременно велось начинающими молодыми физиками около десяти самостоятельных научных работ. К концу 1905 года лаборатория, руководимая Лебедевым, значительно расширилась: насчитывалось более 500 предметов из аппаратуры и мебели, а через пять лет ее оборудование исчислялось в 1229 приборов, многие из которых были изготовлены собственными силами сотрудников<sup>1</sup>.

В 1909 году впервые ученики Лебедева защитили диссертации: В. Д. Зернов — магистерскую диссертацию: «Абсолютное измерение силы звука»; А. Р. Колли — докторскую диссертацию, минуя магистерскую, на тему: «Исследование дисперсии в электрическом спектре жидкостей». В последующие годы защитил магистерскую диссертацию П. П. Лазарев: «О скачке температуры и теплопроводности на границе твердого тела и газа», а потом докторскую: «Выцветание красок и пигментов в видимом спектре». А. К. Тимирязев защитил диссертацию: «О внутреннем трении в разреженных газах и о связи скольжения с явлением температурных скачков на границе твердого тела и газа». До Великой Октябрьской социалистической революции ученики Лебедева защитили две докторские диссертации и четыре магистерские.

К 1910 году школа П. Н. Лебедева выросла в самую крупную научную школу в России. К этому времени в лаборатории Лебедева велась целая серия самостоятельных научных работ, выполняемых будущими учеными-физиками, среди которых были: В. К. Аркадьев, Н. К. Щодро, Е. В. Богословский, Д. Д. Галанин, Н. Е. Успенский, Н. П. Неклепаев и другие. Многие студенты-практиканты выполняли научные исследования по заданию и под руководством П. Н. Лебедева и его помощника П. П. Лазарева (Васильев, Ильин, Лютцау, Сребницкий, Розанов и другие). Здесь же начал выполнять первую свою

<sup>1</sup> Архив МГУ. Отчеты за 1902—1905 годы.

<sup>2</sup> Архив МГУ, д. 538.

<sup>3</sup> «Научное наследство», т. I, 1948, стр. 617.

<sup>4</sup> Там же, стр. 599.

<sup>1</sup> Архив МГУ. Отчет за 1910 год, стр. 181.

научную работу виднейший деятель советской науки С. И. Вавилов.

К деятельности своих учеников и организации на местах научного исследования П. Н. Лебедев относился особенно внимательно. Многие его ученики работали в высших учебных заведениях Москвы и других городов страны. Так, П. Б. Лейберг работал ассистентом в Московском инженерном училище (ныне МИИТ); В. Д. Зернов был экстраординарным профессором Саратовского университета, где он организовал кафедру физики и начал развивать научные исследования по акустике и по изучению радиоактивности эльтоповских грязей; П. П. Лазарев, Е. А. Голиус и другие работали в Московском университете. А. Р. Колли был рекомендован Лебедевым в Варшавский университет, где он был избран профессором и заведывал кафедрой физики.

На просьбу из Варшавского университета направить еще физиков, Лебедев ответил рекомендацией своих учеников — Е. В. Богословского и других, которые и пополнили зародившийся там научный коллектив. Вот что ответил Варшавский университет на эту заботу Лебедева: «Варшавский университет благодарит Вас за то содействие, которое Вы оказываете насаждению у нас настоящей физики».

На просьбу Н. Г. Егорова рекомендовать кандидатуру в Томский университет Лебедев ответил: «Физик у меня есть, но он еще не правомочен... Мой кандидат не только хороший физик, ловкий экспериментатор и хорошо теоретически подготовленный — он инженер и по призванию к науке променял выгодную инженерную службу на грошевую лаборантскую в нашем институте. Это вообще очень милый и симпатичный человек, искренне любящий свое дело...»<sup>1</sup>. Далее Лебедев писал Егорову: «Наладив фабрику молодых физиков, я ищу теперь и рынков сбыта, а потому мне особенно хотелось бы, чтобы вы посмотрели мой товар: может быть, и вам что-нибудь пригодится»<sup>2</sup>. И действительно, Егоров, побывав на лебедевской «фабрике», просил рекомендовать в Палату мер и весов молодого физика.

<sup>1</sup> Из числа учеников Лебедева по профессии инженерами было два — Е. А. Голиус и Г. Б. Порт. Установить точно, к кому относится эта характеристика, не удалось.

<sup>2</sup> Архив АН СССР, ф. 336, оп. 1, № 33.

В Петербургский университет Лебедев рекомендовал в 1911 году своего ученика П. П. Лазарева с целью расширения его самостоятельных научных исследований.

Приведенные примеры достаточно убедительно показывают, что научная школа Лебедева в это время оказывала огромное влияние на организацию новых очагов физической науки в России. Она играла ведущую роль как в деле постановки и решения актуальных задач науки, так и в организации широких научных исследований по физике. Эта роль также сказалась в том, что редакционный комитет единственного в России журнала Русского физико-химического общества решил ввести в состав комитета П. Н. Лебедева и его лучших учеников.

Школа Лебедева являлась наиболее выдающейся научной школой Европы. Для сравнения приведем характерный пример. Страсбургская физическая лаборатория считалась самой лучшей в Европе. Однако к 1911 году в Страсбургской лаборатории было всего два практиканта, и в лучшее время этого периода число работников достигало восьми человек. Такой упадок не был обусловлен отсутствием или недостатком средств: руководство университета придерживалось мнения, что более «удобно» не перегружать институт практикантами<sup>1</sup>.

П. П. Лазарев, объезжая отдельные западноевропейские физические центры, писал Лебедеву в 1911 году: «Здесь меня заинтересовала также успешность практикантов. Оказывается, и в этом отношении мы не в худших условиях, чем в Германии... А если прибавить, что Мандельштам и Папалекси<sup>2</sup> русские, то получается та картина, о которой мы с вами постоянно говорили»<sup>3</sup>.

С организацией и развитием научной школы физиков связаны попытки П. Н. Лебедева организовать Русское физическое общество и физические съезды имени А. Г. Столетова. Идея организации Русского физического общества зародилась еще при жизни А. Г. Столетова и вновь была выдвинута П. Н. Лебедевым в 1901 году. Как установлено из переписки Лебедева

<sup>1</sup> Архив АН СССР, ф. 293, оп. 3, № 139.

<sup>2</sup> В это время они работали в Страсбургской физической лаборатории.

<sup>3</sup> Архив АН СССР, ф. 293, оп. 3, № 139.

с многими физиками России, пропаганда Петром Николаевичем идеи организации общества натолкнулась на непредвиденные препятствия со стороны отдельных влиятельных ученых. Несмотря на создавшееся положение, Лебедев обратился в 1903 году к Н. А. Булгакову с просьбой предоставить возможность печатания в Журнале Русского физико-химического общества материалов организованного физического общества: «Может быть этот первый шаг повлечет за собой дальнейшее развитие и впоследствии русские физики скажут нам спасибо за то, что мы способствовали их объединению»<sup>1</sup>. Однако и эта идея не была поддержана. В 1910 году Лебедев поднял вопрос об организации съездов имени А. Г. Столетова.

В этом же году И. П. Павлов в Петербурге поднял вопрос об организации съездов имени И. М. Сеченова. Вот что писал в 1911 году Лазарев Лебедеву по поводу деятельности Павлова в Петербурге: «У него, очевидно, такой план, что он думает этими съездами объединить физиологов и поднять интерес к физиологии в тех университетах России, где пока еще нет настоящей науки. Мне думается, что эти съезды настолько же важны, как и предполагаемые съезды имени Столетова. Павлов, между прочим, предполагает издавать журнал... Словом то, что было у нас намечено по физике, в физиологии, повидимому, уже тоже созрело»<sup>2</sup>.

Так два корифея нашей науки, движимые патристическими чувствами, стремились объединить ученых России и поднять еще больше интерес к науке.

События 1911 года в Московском университете, связанные с реакционными действиями министра просвещения, помешали организации Русского физического общества и временно прервали кипучую жизнь главного научного центра русских физиков. Эти события, как известно, вылились в крупную политическую демонстрацию передовых русских ученых, к которой присоединился и Лебедев со своей школой. Уйдя из Московского университета и отказавшись от предложений Нобелевского института (Стокгольм), Петербургской палаты мер и весов и Харьковского университета занять место профессора, Лебедев организовал в

Москве новую физическую лабораторию на средства частных лиц.

Весной 1911 года Лебедев обратился в благотворительное общество имени Леденцова с ходатайством об ассигновании ему 15 тысяч рублей. На эти средства им было снято помещение, площадью в 62 квадратных метра, в Мертвом переулке, дом 20, и закуплена необходимая аппаратура. Организованная Лебедевым лаборатория входила в состав народного университета имени Шанявского.

О первых результатах деятельности этой лаборатории было доложено на 2-м Менделеевском съезде в 1912 году (доклады П. П. Лазарева, А. К. Тимирязева и Г. Б. Порты). Здесь демонстрировались приборы, изготовленные сотрудниками этой лаборатории<sup>1</sup>.

Лаборатория имела две оборудованные мастерские: одну для работы практикантов, другую для приготовления сложных и ответственных приборов. В лаборатории работало 19 человек.

В «лебедевском подвале», как называли ученики Петра Николаевича свою лабораторию, кипела работа, а ее коллектив все больше сплачивался вокруг своего руководителя.

Опять, как и прежде, к Лебедеву стали обращаться с просьбой прислать физиков. Из Варшавского Политехнического института в 1912 году Бернацкий писал Лебедеву: «Иметь человека из ваших рук, из вашей, многоуважаемый Петр Николаевич, школы, для меня и для нашего Института столь заманчиво, что я позволю себе обратиться к Вам с просьбой прислать нам молодого физика»<sup>2</sup>.

Огромными усилиями Лебедев спас свою школу. Более того, он поставил вопрос об организации в Москве физического института. Совместно с П. П. Лазаревым и архитектором А. Н. Соколовым Лебедев разработал проект здания института. Впоследствии этот проект был принят за основу будущего здания Физического института на Миусской площади, — теперь он носит название Физический институт имени П. Н. Лебедева Академии Наук СССР.

<sup>1</sup> Архив АН СССР, ф. 293, оп. 2, № 70.

<sup>2</sup> Там же, оп. 3, № 139.

<sup>1</sup> См. П. П. Лазарев. Очерки истории русской науки, Изд-во АН СССР, 1950, стр. 66.

<sup>2</sup> Архив АН СССР, ф. 293, оп. 3, № 12.

Перед самой смертью П. Н. Лебедев организовал Московское физическое общество — объединяющий орган русской школы физиков.

После смерти П. Н. Лебедева, выдающийся физик того времени Г. А. Лоренц писал: «Я считал его (Лебедева.— А. С.) одним из первых и лучших физиков нашего времени и восхищался тем, как он в последний год при самых неблагоприятных условиях сумел поддержать в целости основанную им Московскую школу и нашел возможность продолжать общую работу. Теперь я узнаю, что он делал все это с уже расстроенным здоровьем, принося свои последние силы в жертву поставленной перед собой прекрасной цели. Пусть дух его живет в его учениках и сотрудиниках по работе, и пусть посеянные им семена принесут богатый плод»<sup>1</sup>.

Патриотические чувства, забота об отечественной науке побудили Лебедева отдать последние свои силы и спасти большую русскую школу физиков. «Физики когда-нибудь будут нужны России», — говорил Петр Николаевич своим ученикам.

После смерти ученого его ученики, будучи объединены в Московском физическом обществе имени П. Н. Лебедева, продолжали начатые под его руководством научные исследования: многие из работ учеников явились основой новых научных направлений. К ним относится изучение свойств диэлектриков в полях высокой частоты, развиваемое впоследствии учениками Лебедева в Московском государственном университете и в Ростовском на Дону государственном университете (Е. В. Богословский с учениками). Другое направление выросло из работ В. К. Аркадьева по исследованию магнитных свойств ферромагнитных веществ в поле высокой частоты, выполненных по заданию и под руководством П. Н. Лебедева. Исследования В. К. Аркадьева привели к открытию магнитного резонанса, имеющего большое значение в современных исследованиях строения вещества, и позволили ему построить в 1913 году теорию электромагнитных процессов в поглощающей анизотропной среде. Эта теория впоследствии явилась основой исследований магнитных свойств вещества в переменном электромагнитном поле и получила дальнейшее развитие в советскую эпоху.

В годы Советской власти В. К. Аркадьевым была создана школа магнитологов, в научную основу которой легли его исследования, выполненные еще под руководством П. Н. Лебедева.

Исследования учениками Лебедева магнитных и диэлектрических свойств вещества в поле электромагнитных колебаний во многом способствовали развитию советской радиофизики.

К общим научным интересам школы Лебедева — воздействию лучистой энергии (электромагнитного поля) на вещество — примыкают работы П. П. Лазарева, исследовавшего зависимость фото-химических процессов от длины волны поглощенного телами света. Изучение фотохимических процессов имело большое значение с точки зрения изучения связи между внутримолекулярными процессами и количеством поглощаемой атомами световой энергии (С. И. Вавилов и Т. П. Кравец). В частности, С. И. Вавилов исследовал зависимость фотохимических процессов от температуры. Эта первая работа Сергея Ивановича явилась началом его обширных исследований по изучению явлений, связанных с взаимодействием света и вещества и приведших впоследствии к созданию им большой советской школы по люминесценции.

К научным интересам школы Лебедева примыкают исследования ученика Петра Николаевича Н. Е. Успенского по изучению диффракции рентгеновых лучей в кристаллах, начатые в 1913 году совместно с известным русским кристаллографом Г. В. Вульфом — автором формулы, связывающей длину волны рентгеновых лучей с постоянной кристаллической решетки. Исследования диффракции рентгеновых лучей на кристаллах положили начало развитию в России нового научного направления — рентгеноструктурного анализа.

Из основных научных исследований П. Н. Лебедева также зародились темы работ по акустике и молекулярной физике. Исследования по акустике (В. Д. Зернов, Н. Н. Златовратский, В. Я. Альтберг, А. Б. Млодзеевский) привели к установлению Н. П. Неклепаевым предельной длины волны звука, распространяющегося в воздухе.

Исследования свойств разреженных газов (П. П. Лазарев, А. К. Тимирязев),

<sup>1</sup> Научное наследство, т. I, 1948, стр. 606.

возникшие в Лебедевской лаборатории в связи с работами Петра Николаевича по увеличению чувствительности вакуумных термоэлементов и измерению сил светового давления на газы, определили научные интересы ученика П. Н. Лебедева А. К. Тимирязева, впоследствии развивавшего кинетическую теорию материи. К этой области знания примыкает работа Б. В. Ильина по изучению броуновского движения в эмульсиях, определившая дальнейшие его научные интересы и приведшая впоследствии к развитию нового направления и созданию им школы по физике адсорбционных явлений.

Наряду с выросшими в школе Лебедева новыми научными направлениями, имеющими непосредственное отношение к физике, было создано смежное между физикой и физиологией направление — биофизика. Основой организации научных исследований по биофизике в лаборатории Лебедева явилась ионная теория возбуждения, выдвинутая П. П. Лазаревым. Имея в числе своих учеников таких специалистов, как П. П. Лазарев, сочетавший в себе физика и врача, Лебедев охотно предоставил возможность организации в своей лаборатории научных исследований по биофизике. «Физиолог со знанием физики — или наоборот — может сыграть теперь огромную роль в истории

науки»<sup>1</sup>, — говорил Петр Николаевич своему ученику Лазареву. После Великой Октябрьской социалистической революции П. П. Лазарев, уже будучи академиком, действительно сыграл большую роль в истории советской науки, создав большую советскую школу биофизиков, и организовал научно-исследовательский Институт физики и биофизики. Под его руководством была также детально изучена Курская магнитная аномалия.

Благородный труд великого русского ученого П. Н. Лебедева не пропал бесплодно. Посеянные им семена дали богатые плоды в годы строительства нового социалистического общества в нашей стране. За эти годы ученики П. Н. Лебедева создали новые самостоятельные направления физического исследования, новые советские школы. Из этих школ вышло большое число физиков-исследователей, плодотворно работающих на пользу нашей великой Родины. Мечта П. Н. Лебедева о насаждении физики в России сбылась. После Великой Октябрьской социалистической революции все развитие научной школы физиков, основанной П. Н. Лебедевым, тесно связано со строительством коммунизма в нашей стране, возглавляемым партией большевиков и вождем советского народа И. В. Сталиным.

<sup>1</sup> См. П. П. Лазарев. Очерки истории русской науки, 1950, стр. 133.



## ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА ГЕКЛЫ

Последнее извержение известного исландского вулкана Геклы представляет, судя по недавно появившимся описаниям, большой интерес. Извержение произошло после столетнего покоя вулкана и бросает некоторый свет на то, что происходило в его недрах за это время.

Гекла находится на юге Исландии, в 110 километрах к востоку от столицы этой страны — Рейкьявика и в 55 километрах от океана. Абсолютная высота вулкана — около 1 500 метров, а относительная — около 1 000 метров, и он далеко виден со всех сторон. Гекла имеет форму не одиночного конуса, как многие вулканы, а вытянутого хребта, длиной около 8 километров. Этот вулкан начал формироваться еще в ледниковую эпоху, а последнему ледниковому хребту собственно Геклы насчитывают 6—7 тысяч лет.

Первое историческое извержение его известно в 1104 году. Затем последовало 20 извержений до самого сильного, происшедшего в 1766—1768 годах. После этого вулкан был в покое до 1845 года, когда произошло новое извержение, затем он снова затих.

Последнее извержение разразилось через сто с лишним лет — 29 марта 1947 года.

Момент начала этого извержения установлен очень точно. Фермер Оддур, усадьба которого расположена в 28 километрах на юго-запад от Геклы, вышел в 6 часов 30 минут утра взглянуть на вулкан: по тучам на его вершине окрестные жители судят о погоде. Вулкан был чист. Оддур зашел в хлев задать корм скотине и когда через несколько минут он вышел, то увидел на северо-восточном склоне самой вершины вулкана желтовато-бурый клуб газа, который достигал 100—200 метров высоты и быстро рос вверх. Время начала извержения

было определено с точностью до трех минут. Оно началось в 6 часов 41 минуту утра. Надо заметить, что за 20 минут до начала извержения и 10 минут спустя ощущались толчки землетрясений.

Вскоре после начала извержения вдоль хребта вулкана образовалась трещина, длиной около 6 километров, из которой по всей длине изливалась лава. Высоко вверх выбрасывались огромные глыбы и раскаленные камни. К педу поднимались громадные столбы дыма и пара с пеплом. На фотографии, снятой в 7 часов из Рейкьявика, можно видеть, что высота столба пара и пепла достигла 27 километров. Она стала скоро убывать и к 11 часам равнялась уже около 10 километрам. Вся гора скоро окуталась густой тучей пепла и вулканической пыли. В первые же часы извержения огромные массы воды, образовавшиеся от таяния снега, стремительно скатились по северо-западному склону вулкана, вызвав наводнение.

Когда часов в одиннадцать к вулкану подлетели на самолете с северо-востока наблюдатели, то они увидели грандиозное зрелище. Клубящиеся тучи извержения, блестящие на вершине от солнца, внизу были синевато-черными. Высоко выбрасывались, точно крутящиеся в вихре, раскаленные куски лавы. Молнии прорезывали тучи; по склонам вулкана быстро неслись темносерые потоки грязи, расплывавшиеся, как черви (рис 1).

Выбрасывавшаяся пемза относилась ветром к югу. За два первых часа ее было выброшено около 180 миллионов кубических метров. Даже в 30 километрах от вулкана слой пемзы достигал 10 сантиметров; вместе с пемзой попадались обломки бомб так называемого типа «с хлебной коркой». Главный пеплопад продолжался всего около двух часов. Его начальная

фаза имела характер плинианского извержения, скоро изменившийся в везувийанский тип<sup>1</sup>.

К концу первого дня на трещине наметилось несколько отдельных пунктов извержения, где в следующие дни образовались настоящие кратеры. Наиболее активным был кратер на самой вершине вулкана; два других были на концах хребта. Во второй и следующие дни активность вулкана несколько ослабла, особенно в северной части, где лава перестала выливаться на шестой день, а взрывы утихли несколькими днями позднее. Таково было начало извержения.

В дальнейшем из юго-западной части трещины лава непрерывно изливалась в течение более года. Взрывная деятельность вулкана была очень переменчивой.

Во второй половине апреля деятельность кратеров значительно усилилась, но выбрасывались только бомбы и шлаки. Затем в мае, через пять недель после начала извержения, глухие взрывы и выбросы кусков лавы в главном кратере почти прекратились и вместо того началось почти непрерывное выдувание черного тонкого пепла; это продолжалось около двух месяцев. Пепел иногда был столь обильным, что в солнечный день становилось темно. В пепле присутствовал фтор, сильно повредивший пастбища и отравлявший стада.

Пепловая фаза окончилась к концу июня. В половине июля взрывная деятельность в юго-западном кратере прекратилась, но в вершинном кратере взрывы были до середины сентября. Осенью и зимой иногда действовали меньшие кратеры на нижнем, юго-западном конце трещины.

Как видно, эксплозивная деятельность была очень разнообразна. С другой стороны, лава текла непрерывно, хотя и в неодинаковом количестве.

В первый день лава вытекала по всей длине трещины и стекала во всех направлениях. В три следующих дня она текла с концов трещин, а позднее — почти исключительно из установившегося лавового кратера пониже и несколько в сторону от юго-западного конца трещины. Лава непрерывно вытекала до 25 апреля 1948 года, почти тринадцать месяцев (рис. 2).

Замечательным было изменение состава продуктов извержения. Пемза, выброшенная в первый час извержения, имела состав дацита с 62 процентами кремнекислоты. Она была буровато-серого

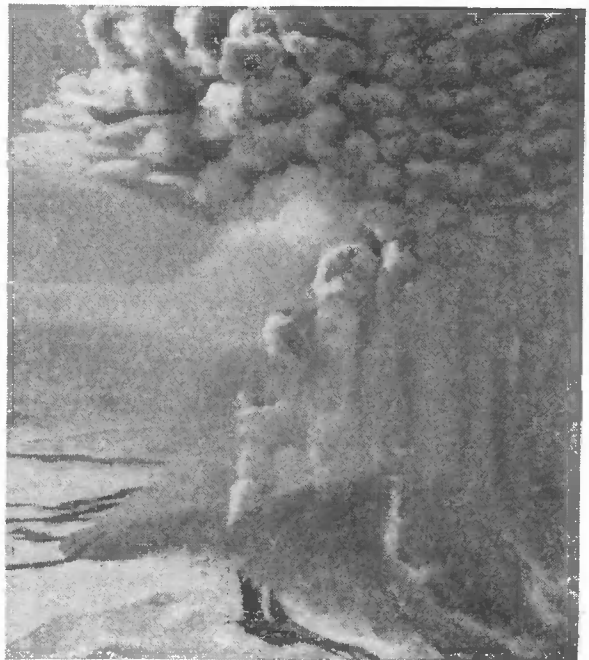


Рис. 1. Извержение Геклы 29 марта 1947 года в 11 часов утра. Вид с подлетевшего самолета

цвета; во второй час она стала темной, буровато-черной, и содержала 57—58 процентов кремнекислоты.

Лава, вытекавшая с температурой 1020—1040 градусов, со скоростью 2—3 м/сек. и застывавшая потом почти исключительно в виде глыбовой лавы, также изменяла свой состав в течение извержения. В начальную фазу содержание кремнезема в ней было 59 процентов и в ближайшие недели 57—58 процентов, в мае 1947 года оно начало падать и в начале июня лава изливалась с содержанием 55,4 процента  $\text{SiO}_2$ . Весной 1948 года содержание кремнезема выливающейся лавы было 54,3 процента. Эта лава была базальтом.

Чему же учит нас новое извержение Геклы?

Очевидно, что пемза и пепел, выброшенные в первые часы извержения, представляют продукты из самой верхней части подземного резервуара магмы. Во время предыдущего извержения Геклы, происшедшего свыше ста лет назад, из вулкана вылилась лава, почти такая же, какой закончилось последнее извержение. Лава эта выливалась из устья жерла, заполненного ею до самого верха.

Как мы видим, за время столетнего покоя вулкана лава в его очаге изменила свой состав. Вместо излияния базальтовой лавы извержение открылось

<sup>1</sup> Плинианский тип, названный так по извержению Везувия в 79 году нашей эры, описанному Плинием, отличается от обычного для Везувия — везувийанского типа исключительной силой взрыва и отсутствием лавовых излияний.

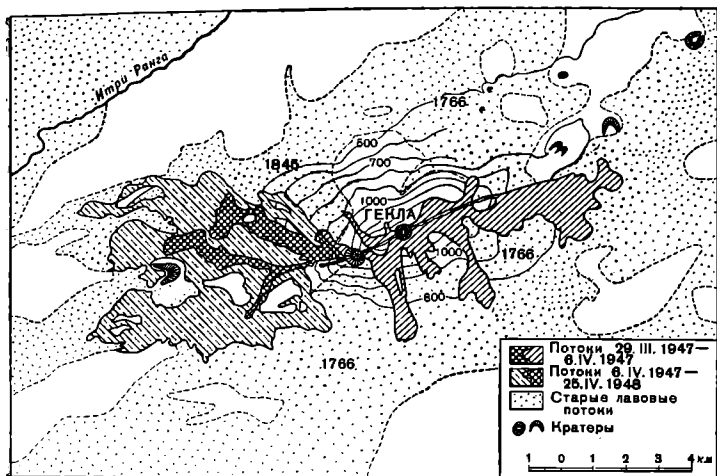


Рис. 2. Лавовые потоки Геклы при извержении 1947—1948 годов

взрывами, выбросившими дацитовую пемзу. Изменение состава произошло в двух отношениях. Магма стала более богатой кремнекислотой и богатой растворимыми в ней газами настолько, что при падении давления, следовавшем за прорывом канала, она вспенивалась, превращаясь в пемзу, и извергалась со взрывом.

Сменившие эти эксплозивные извержения излияния лавы базальтового состава показывают, что изменения произошли только в верхней части очага. Более того, даже состав пемзы, выброшенной в первый и во второй часы извержения, был различен. Впоследствии при излиянии лавы пемза становилась все более и более основной и тяжелой.

Таким образом, извержение Геклы с полной очевидностью показало, что за период около ста лет в очаге и жерле этого вулкана произошла дифференциация магмы; сверху очага обособилась магма легкая, кислая и обогащенная газом, а внизу она становилась все более тяжелой. Это типичный и необыкновенно наглядный пример так называемой гравитационной дифференциации.

Такого рода дифференциация очень распространена в вулканических очагах. Другой широко известный пример подобного явления мы находим в знаменитом извержении Везувия в 79 году. Пемза и пепел, под которыми была погребена Помпея являются более легкими и более богатыми кремнекислотой, чем следовавшие затем излияния лавы того же периода извержения. Более того, состав пемзы во время самого плининского извержения 79 года изменялся: сначала выбрасывались более

богатые кремнеземом продукты, чем позднее, совершенно так же, как это было при последнем извержении Геклы.

Замечательное изменение состава самих лав во время последнего извержения Геклы также не является исключением. Так, например, при извержении побочного кратера Ключевской сопки в 1944—1945 годах последняя порция изливавшейся лавы была беднее кремнекислотой, чем первые, хотя в общем базальтовый состав лавы сохранялся.

Все это — наглядные примеры, иллюстрирующие современные представления о том, в каком направлении происходит дифференциация в вулканическом очаге. Совокупность факторов, управляющих ею, ведет к тому, что возникает неоднородность этого магматического бассейна с расположением более кислых и легких частей сверху и более основных и тяжелых внизу. Такая дифференциация

требует времени и заметно сказывается в продуктах извержения только после достаточно продолжительных промежутков покоя. При часто повторяющихся извержениях резкого изменения в составе извергаемых продуктов не наблюдается. Иногда закономерное изменение состава магмы в очаге — эволюция магматического очага — захватывает целые периоды в жизни вулкана.

На примере вулкана Авачи на Камчатке была в свое время показана следующая широко распространенная закономерность в развитии вулканов, особенно хорошо проявляющаяся и известная в вулканах типа «Сомма—Везувий».

Многочисленные извержения, доставлявшие как лавы, так и пирокластический материал и следовавшие через сравнительно короткие промежутки, создали высокий сложенный вулканический конус. За время интервалов между извержениями в очаге не успевает происходить значительная дифференциация, и продукты отдельных извержений мало отличаются по составу. Лишь последние извержения этого периода на Аваче дали более основные лавы; можно предполагать, что извергалась уже магма глубоких частей очага. Затем наступает длительный перерыв. Очаг кажется истощенным. За долгий промежуток времени в очаге происходит дифференциация магмы: сверху накапливается более кислая, более богатая газами и более эксплозивная магма.

После продолжительного покоя последовало грандиозное извержение, сопровождавшееся обрушениями, и возник широкий кратер — кальдера соммы.

Для этого периода извержений характерны обильные выбросы пемзы и шлаков. На Аваче происходили вместе с тем и выдавливания небольших масс относительно кислой вязкой лавы в виде куполов на склонах.

Затем возобновилась смешанная деятельность вновь возникшего в кальдере соммы вулканического конуса.

История вулкана отражается на его строении: действующий конус окружен высотами соммы — остатками вулкана, созданного в первый период извержения.

По тому же типу развивалась и история Везувия, который имеет сходное строение.

Возобновившаяся после образования соммы вулканическая деятельность иногда почти повторяет историю извержения первого периода; в других случаях продукты новых извержений отличаются от первых. На Везувии, например, они беднее кремнекислотой, чем продукты соммы. Иногда после образования кальдеры вулканическая деятельность совсем угасает. Таков, например, Камчатский вулкан Хангар или вулкан Козельская сопка. Если при извержениях, приведших к образованию соммы, не будет выброшена вся порция появившейся вследствие дифференциации кислой магмы, как это произошло уже в первые часы извержения Геклы, то при возобновлении вулкани-

ческой деятельности будут выжиматься купола этой кислой вязкой магмы и извержения примут иной вид, как это мы видим, например, на Мерапи на Яве или на Шивелуче на Камчатке.

Последовательность, в которой сменяют друг друга вулканические породы в течение жизни вулкана, может быть разнообразной. Из тех представлений, которые существуют относительно процесса магматической дифференциации, можно предполагать, что: 1) последовательное возрастание основности состава лав связано с последовательным истощением дифференцированного магматического очага сверху вниз; 2) появление кислых лав указывает на относительно далеко зашедшую дифференциацию, не прерывавшуюся извержениями. Далее можно заключить, что разнообразная последовательность извержений лав различного состава обусловлена соотношением между скоростью течения процесса дифференциации, с одной стороны, и частотой прерывавших его непрерывное течение извержений и их интенсивностью, — с другой.

Так можно формулировать основную закономерность, управляющую изменением в составе продуктов извержений отдельного вулканического очага во времени.

Из того, что было сказано, видно, как много дало последнее извержение Геклы для освещения этой закономерности.

*Академик А. Н. Заварицкий*

## ЛИТЕРАТУРА

*А. Н. Заварицкий.* Вулкан Авача и его состояние в 1934 г. Тр. ЦНИГРИ. 1935. *Его же.* Северная группа вулканов Камчатки. СОПС АН СССР, сер. камч., 1935. *Его же.* Лавы и связанные с ними горные породы Сомма и Везувия. Зап. Ленингр. горн. ин-та, т. 12, вып. 2, 1931. *G. Einarsson og B. Kjartansson.* Heklugos, 1947, Reykjavik 1947, I. *Hantke.*

Übersicht über die vulkanische Tätigkeit 1941—1947. Bull. volc. ser. II, t. XI, 1951. *A. Rittmann.* Die geologisch bedingte Evolution und Differentiation des Somma-Vesuvmagmas. Zeitschr. f. Vulkan, Bd. XV, H. 1—2, 1933. *S. Thoririksson.* The Eruption of Mt Hekla 1947—1948. Bull. volc., ser. II, t. X, 1950.

## ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ МЛЕЧНОГО ПУТИ

Советскими физиками и астрофизиками достигнуты в последние годы выдающиеся успехи в исследовании строения и особенностей Млечного Пути — нашей Галактики. Особенно плодотворным для изучения Млечного Пути оказалось применение электрофотометрии в инфракрасных лучах, в результате которого в 1948 году А. А. Калиняк, В. И. Красовский и В. Б. Никонов выяснили истинную структуру галактического ядра, а в 1950 году С. Ф. Родионов и И. Г. Фришман обнаружили инфракрасное излучение всего Млечного Пути.

Область галактического центра, находящаяся в районе созвездия Стрельца, в наиболее ярких своих частях закрыта темными облаками космической пыли, и мы не можем непосредственно видеть ядро Галактики.

Однако среда, не прозрачная для видимых лучей, может оказаться достаточно прозрачной для лучей инфракрасных. Пылевая среда, в зависимости от размеров ее частиц, ослабляя видимые лучи, может быть прозрачна для инфракрасных лучей, излучаемых объектом.

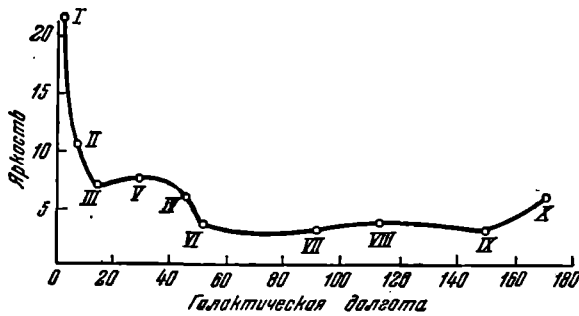


Рис. 1. Распределение инфракрасной яркости по протяжению Млечного Пути: I —  $\alpha$  Змееносца, II —  $\delta$  Орла, III —  $\alpha$  Орла, IV —  $\beta$  Лебеда, V —  $\gamma$  Лебеда, VI —  $\alpha$  Лебеда, VII —  $\gamma$  Кассиопси, VIII —  $\alpha$  Персея, IX —  $\xi$  Тельца, X —  $\epsilon$  Ориона

Этот принцип оказалось возможным применить для исследования невидимых частей ядра нашей Галактики, «уловив» и зарегистрировав инфракрасные лучи, которые испускаются звездами и свободно проходят через «заслон» межзвездной материи.

При этом, однако, астрофизикам пришлось иметь дело с более длинноволновым инфракрасным излучением, уже не улавливаемым фотоластинкой. Для регистрации этого излучения были применены более сложные методы с использованием фотоэлектрических приемников радиации.

Первая попытка в этом направлении была сделана в 1945 году Стеббинсом и Уайтфордом, которые применили для исследования области галактического ядра оксидиоцезиевый фотоэлемент со светофильтром, помещавшийся в фокусах больших рефлекторов обсерватории Маунт-Вильсон. Этим исследователям удалось выявить в районе галактического центра излучающее тело, не обнаруживаемое в видимых лучах. Истинная природа и строение этого излучающего тела были раскрыты в 1948 году А. А. Калиняком, В. И. Красовским и В. Б. Никоповым, которые в Крымской астрофизической обсерватории предприняли фотографирование в инфракрасных лучах всего района галактического центра. Эту задачу они разрешили, применив разработанный ими электронно-оптический преобразователь. Принцип действия приборов этого типа состоит в том, что изображение объекта в инфракрасных лучах, получаемое на фоточувствительном катоде, преобразуется в «электронное» изображение, фокусируемое на светящийся под действием электронов экран, и здесь уже может быть заснято на обычную фотоластинку. Оказалось, что за темным пятном, видимым на обычной фотографии этой

области Млечного Пути, скрывалось мощное звездное образование. Стеббинсом и Уайтфордом было зарегистрировано излучение лишь части этого образования. Это невидимое в обычных лучах звездное облако, по данным Калиняка, Красовского и Никонова, входит вместе с большим звездным облаком в созвездии Стрельца в систему галактического ядра. На основании фотометрического анализа снимков была сделана попытка оценить размеры галактического ядра (около 1 200 парсек). В 1949 году А. А. Калиняк, В. И. Красовский и В. Б. Никопов продолжили исследования, получив снимки более широкой области близ галактического центра и подтвердив свои выводы.

Исследование всей видимой части Северного Млечного Пути в инфракрасных лучах было предпринято в 1950 году С. Ф. Родионовым и И. Г. Фришманом. Эта работа явилась очередным этапом в серии исследований, проводимых советскими учеными по электрофотометрии излучения ночного неба в различных участках спектра. Целью работы было выявить возможные неравномерности (флуктуации) в распределении яркости инфракрасного свечения верхних слоев атмосферы по небесному своду (эти флуктуации могли бы наблюдаться при наличии в ионосфере излучающих «облаков» газа) и исследовать свечение Млечного Пути в инфракрасной области спектра. Пространственные флуктуации в свечении верхних слоев атмосферы обнаружены не были, и в дальнейшем все внимание было сосредоточено на обнаружении и измерении свечения Млечного Пути.

Поставленная задача представляла значительные трудности: помимо того, что это излучение по своей абсолютной величине должно было быть очень мало, его приходилось наблюдать на фоне мощного ночного инфракрасного излучения атмосферы, достигающего в области длин волн около одного микрона  $0,03 \text{ эрг/см}^2 \text{ сек.}$  на единицу телесного угла. Для выполнения этой задачи авторы применили разработанный С. Ф. Родионовым с сотрудниками электрофотометр со светофильтром, состоящий из вторично-электронной трубки<sup>1</sup> и усилителя постоянного тока. Для того чтобы избежать замутненных

<sup>1</sup> Вторично-электронная трубка (фотоумножитель) представляет собой высокочувствительный фотоэлектрический индикатор, в котором усиление фототока от обычного светочувствительного катода осуществляется путем вторично-электронной эмиссии с электродов-эммитеров внутри одной трубки. Изобретенная Л. А. Кубецким и введенная в фотометрическую практику С. Ф. Родионовым, вторично-электронная трубка ныне широко используется в ряде областей науки и техники.

нижних слоев атмосферы, измерения велись на Эльбрусе на высоте 2 200 и 3 000 метров над уровнем моря.

Метод заключался в измерении кривых яркости небесного свода в зависимости от зенитных и азимутальных углов, причем Млечный Путь пересекался в различных его точках. Оказалось, что прохождение через Млечный Путь каждый раз дает максимум на измеряемой кривой; вне Млечного Пути наблюдалась кривая распределения яркости, полученная Родионовым ранее для свечения верхних слоев атмосферы, с минимумом яркости в зените и с симметричным возрастанием яркости к горизонту. Авторы приводят кривые яркости, измеренной в различных сечениях Млечного Пути; все кривые имеют максимум, соответствующий прохождению через Млечный Путь, причем на некоторых (например, в районе созвездия Лебеда) заметна структура, отражающая раздвоение Млечного Пути.

Величина обнаруженного инфракрасного излучения могла быть легко определена для любого из исследованных участков Млечного Пути, так как при примененном авторами чувствительном электрофотометрическом методе учет фона свечения атмосферы не представляет трудностей. Оказалось, что величина яркости Млечного Пути составляет от 2 до 10 процентов яркости фона; абсолютная инфракрасная яркость Млечного Пути, измеренная на поверхности Земли, составляет от  $5.10^{-4}$  до  $5.10^{-3}$  эрг/см<sup>2</sup> в секунду на единицу телесного угла.

Большой интерес представляет полученная Родионовым и Фришманом кривая распределения инфракрасной яркости вдоль Млечного Пути, в которой суммированы результаты наблюдений авторов и которая приводится нами на рисунке. При построении кривой все величины яркости для различных точек Млечного Пути приведены к зениту, т. е. учтена разница в величинах яркости для мест близ зенита и близ горизонта, возникающая за счет ослабления света в земной атмосфере. На кривой ясно виден быстрый рост инфракрасной яркости в районе созвездия Змееносца, т. е. в направлении на центр Галактики. Приходится пожалеть, что авторам не удалось исследовать самый

район созвездия Стрельца, который в продолжении всего времени измерений находился под горизонтом. Из кривой, однако, следует, что эффект в этом районе должен быть очень велик и, возможно, удастся при помощи описанного авторами метода исследовать детальную структуру галактического ядра.

Заметный на кривой максимум яркости в области созвездия Лебеда, повидимому, отражает наличие в этом районе звездного облака, наблюдаемого также и в видимых лучах. Пока еще трудно сказать, соответствует ли подъем кривой в области  $\epsilon$  Ориона существованию здесь невидимых звездных скоплений. Возможно, дальнейшие детальные измерения кривой распределения докажут наличие здесь звездных облаков, скрытых от нас темной межзвездной материей.

Открытие значительного инфракрасного излучения на всем протяжении Млечного Пути свидетельствует о том, что наши представления о строении Галактики должны быть существенно дополнены. Мы должны предположить, что либо значительные массы поглощающей материи распределены вдоль всего Млечного Пути и мы видим поэтому лишь некоторую часть звезд, составляющих нашу Галактику, тогда как другая часть звезд может быть обнаружена только по их инфракрасному излучению, проникающему сквозь космическую пыль; либо, по мысли С. Ф. Родионова, мы должны приять, что в состав Галактики входит несравненно большее, чем это предполагалось ранее, количество темных, «холодных» звезд, испускающих инфракрасные лучи.

Как бы то ни было, существование инфракрасного излучения на всем протяжении Млечного Пути — факт весьма примечательный. Объясняется ли он существованием в плоскости Галактики большого числа низко-температурных звезд, или же связан с наличием масс не прозрачной для видимого света материи — покажут дальнейшие исследования. Однако уже сейчас ясно, что измерение вновь обнаруженного инфракрасного излучения Млечного Пути, особенно в соединении с инфракрасной фотосъемкой, явится мощным методом изучения строения Галактики.

*Е. Н. Павлова*

*Старший научный сотрудник Физического института Ленинградского государственного университета имени А. А. Жданова*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Stebbins* и *Whitford*. *Astrophys. Journ.* 106, 235 (1947). *А. А. Калинин, В. И. Красовский и В. Б. Никонов*. ДАН, 66, 1 (1949). *А. А. Калинин, В. И. Красовский и В. Б. Никонов*. Известия

Крымской астрофизической обсерватории, 6, 119 (1951). *С. Ф. Родионов и И. Г. Фришман*. ДАН, 77, 998 (1951), *С. Ф. Родионов* и др. ДАН, 73, 69 (1950).

## ВЫСОКОГОРНЫЕ ЛУГА УРАЛА

Растительный покров высокогорных районов Урала долгое время оставался почти совершенно неисследованным. Недостаточность научных данных о нем в целом и, в частности, о его луговом элементе побуждала многих ботаников предполагать, что в высокогорных поясах Урала луговая растительность совершенно отсутствует или выражена исключительно слабо. Однако в последнее время в результате исследований Б. Н. Городкова, К. Н. Игошиной, А. М. Овеснова, Л. А. Соколовой, В. Б. Сочавы, Л. Н. Тюлиной и автора выяснилась ошибочность такого мнения. Было установлено, что горные луга представляют собой характернейшую составную часть растительного покрова высокогорных поясов Уральского хребта, обладают широким географическим распространением и имеют большую хозяйственную ценность.

Высокогорные луга Урала подразделяются на субальпийские, вторичные психрофильные<sup>1</sup> (возникающие на месте горных тундр в результате длительного выпаса оленей) и околоснежные приручьевые. Луга первой из этих групп связаны с субальпийским, а двух последующих — с альпийским поясами.

Нижний предел субальпийского пояса на Урале закономерно повышается по мере движения с севера на юг. На Северном Урале он проходит обычно

<sup>1</sup> По терминологии некоторых исследователей — горные «пустоши».



Субальпийские луга на седловине горы Яман-тау

600—650 метров над уровнем моря, на Среднем Урале — на высоте 750 метров и на Южном Урале — на высоте 1050 метров над уровнем моря. Ширина субальпийского пояса значительно колеблется в зависимости от местных геоморфологических условий; чаще всего разница в отметках между его верхним и нижним пределами равна 200—250 метрам.

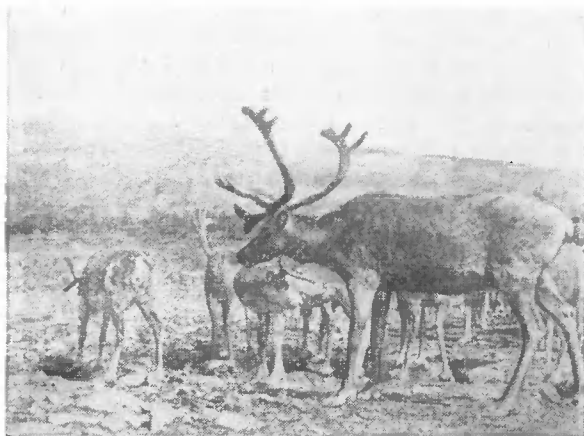
Субальпийские (мезофильные) луга, распространенные в границах этого пояса, вкраплены пятнами среди низкорослых лесов из извилистой березы, лещевницы, ели и иногда пихты или окаймляют их сверху в виде более или менее широкой полосы. По долинам рек субальпийские луга обычно поднимаются несколько выше в горы. Выше верхнего предела субальпийского пояса располагается альпийский или горнотундровый пояс.

На территории Урала субальпийско-луговая растительность распространена неравномерно. Если в некоторых горных районах субальпийские луга достигают очень широкого распространения, занимая большие площади, то на других вершинах, наоборот, они выражены очень слабо или совсем отсутствуют.

Степень развития субальпийских лугов в том или ином горном районе зависит от ряда факторов орографического и климатического характера. Там, где имеются достаточно крупные горы с выраженным субальпийским ландшафтным поясом, широкому распространению субальпийско-луговой растительности благоприятствуют следующие условия: обилие атмосферных осадков и повышенная влажность воздуха; более теплый климат вегетационного периода; наличие обширных плоских горизонтальных или несколько пологих поверхностей с достаточно глубоким мелкоземистым почвенным слоем.

Эти факторы среды проявляются в неодинаковых сочетаниях в разных географических районах высокогорной области Урала.

Обилие атмосферных осадков в субальпийском поясе Урала в свою очередь зависит от общей орографии местности и от положения данной горы относительно оси хребта. В наибольшем количестве осадки выпадают в районе крупных горных узлов, где сосредоточены многочисленные высокие горы и хребты. В качестве примера можно назвать на Северном Урале горный узел, включающий горы Хус-ойна, Ойкс-чакур, Яллинг-ньер, Ишерим, или на Южном Урале — наиболее повышенную часть хребта в районе гор Яман-тау, Ирмель и хребтов Нары и Зигальга. Одиночные же, хотя и высокие, горы, отделенные значительным расстоянием от



Оленье стойбище («столока») в альпийском поясе горы Ойкс-чакур

других вершин, обычно менее выделяются по климатическим особенностям от окружающей лесной территории и не отличаются особенно повышенной влажностью климата. Кроме того, количество атмосферных осадков в субальпийском поясе косвенно связано и с положением горы по отношению к оси хребта. Осевая часть Урала служит своеобразным климаторазделом:двигающиеся с запада атлантические воздушные массы, достигнув предгорий хребта и превалявая через него, охлаждаются по мере подъема, что вызывает конденсацию атмосферной влаги. Поэтому горы, находящиеся на западном склоне и в водораздельной части хребта, увлажняются значительно сильнее, чем горы, расположенные на восточном склоне.

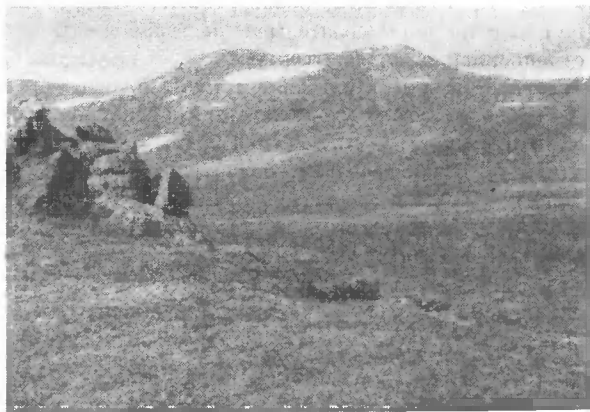
Другим важным фактором, влияющим на степень развития субальпийско луговой растительности, является температурный режим вегетационного периода. Сумма тепла этого периода в субальпийском поясе гор Урала повышается по мере движения с севера на юг. Поэтому в высокогорной области Южного Урала создаются более благоприятные температурные условия для формирования субальпийских лугов.

Однако два названных фактора климатического порядка не определяют целиком степени развития субальпийско-луговой растительности в том или ином горном районе. Если налицо нет подходящей почвы, то даже при благоприятном сочетании метеорологических элементов субальпийские луга в данной местности не развиваются. В формировании субальпийской растительности лугового типа почвенно-грунтовые условия играют очень большую роль. Там, где широко распространены плоские поверх-

ности — седловины, покатые и слабо пологие склоны, нагорные террасы с хорошо выраженными глубокими горно-луговыми почвами, — субальпийские луга достигают наибольшего развития. Такие мягкие очертания рельефа особенно характерны на Урале для гор, сложенных, например, метаморфическими сланцами. Наоборот, горы, состоящие из трудноразрушаемых пород (пироксениты, габбро и др.), отличаются резко очерченными формами рельефа, крутыми склонами, обилием каменных россыпей. Субальпийские луга в таких условиях обычно отсутствуют.

Охарактеризованные выше факторы среды определяют довольно сложную и своеобразную картину территориального распределения субальпийских лугов в высокогорьях Урала. На Северном Урале субальпийские луга встречаются лишь в водораздельной полосе и на западном склоне, где осадков выпадает много и развиты плоские поверхности (горы Хус-ойка, Ойкс-чакур, Ялпинг-ньер, Ишерим и др.). На горах восточного склона Северного Урала, сложенных трудноразрушаемыми горными породами (например, хребет Чистоп), где к тому же осадки менее обильны, элемент субальпийских лугов совершенно не выражен.

На Среднем Урале субальпийские луга распространены значительно меньше. Они отсутствуют в высокогорной области самых крупных вершин Среднего Урала (Денежкин камень, Конжаковский и Косьюинский камни), отличающихся значительной крутизной склонов. Лишь на некоторых менее крупных вершинах Среднего Урала с плоскими поверхностями (хребты Хоза-тумп, Кваркуш и др.) имеют-



Типичные местоположения снежников и связанных с ними околоснежных лужаек (гора Ойкс-чакур)





Лаготис северный — наиболее обычное растение около снежных лужаек

ся палицо условия, благоприятствующие развитию субальпийско-луговой растительности.

На Южном Урале субальпийские луга сильно развиты в высокогорной области наиболее крупных горных вершин (Яман-тау, Ирмель), где они занимают большие площади.

Автором этой статьи установлены и описаны важнейшие растительные ассоциации субальпийских лугов Урала. Согласно этим данным, на Северном Урале и в северной части Среднего Урала наиболее распространены две ассоциации субальпийских лугов: двухисточниково-разнотравный луг (ассоциация *Diglyphis arundinacea* + разнотравье) и колосково-разнотравный луг (ассоциация *Anthoxanthum odoratum* + разнотравье). На Южном Урале наибольшее распространение имеют субальпийские луга: горлецовый, кислицевый, лисохвостовый и ветликово-черничный.

Травостой этих лугов складывается в основном злаками и разнотравьем. Роль бобовых, а также осок и хвощей очень невелика. Значительная часть злаков, входящих в состав субальпийско-луговых ассоциаций, представлена ценными в кормовом отношении травами: двухисточник, душистый колосок, лисохвост низкий, лисохвост луговой, мятлик сибирский, мятлик луговой, мятлик высокогорный, бор развесистый и другие. Урожайность трав колеблется от 8—10 до 30—35 центнеров с гектара.

Следует упомянуть, что на многих горах Южного и отчасти Среднего Урала, не достигающих климатически обусловленного предела древесной растительности, субальпийский пояс в силу кру-

тизны и каменности склонов выражен слабо или совсем отсутствует. Здесь наблюдается разрастание высокотравья в верхней части горно-таежного пояса. На стыке с каменными обнажениями и россыпями, одевающими вершины, формируется высокоствольное редколесье паркового типа, преимущественно слобов с мощной травянистой растительностью. Вкрапленные среди редколесья луговые участки, нередко также используемые в качестве сенокосов и пастбищ, являются типично лесными, а не субальпийскими лугами.

Под влиянием длительного выпаса оленей в горах Северного Урала и северной части Среднего Урала наблюдается олуговение горных тундр, образование на их месте своеобразных *вторичных психрофильных лугов*, т. е. лугов с характерными для тундр травянистыми растениями. Выпас оленей приводит в горных тундрах к подавлению мохово-лишайникового покрова и интенсивному развитию вместо него злаков и осок (овсяница приземистая, щучка извилистая, осока гиперборейская). Производительность таких лугов составляет 2—5 центнеров с гектара, т. е. значительно ниже, чем производительность субальпийских лугов. Однако нужно иметь в виду, что эти мелкотравные луга занимают обширные площади, растительность их состоит в основном из высокопитательных трав, и поэтому они представляют ценность как пастбища (особенно для оленей).

Для высокогорной области Урала характерен еще один своеобразный тип луговой растительности. Это — *околоснежные приручьевые* луга, встречающиеся небольшими участками в альпийском поясе крупных гор Северного Урала (Яллинг-шьер, Ишерим и др.) и отчасти Среднего Урала (Денежкин камень). Околоснежные лужайки располагаются в глубоких долинах, по берегам ручейков, вытекающих из снежников. Обычно они находятся на расстоянии 50—150 метров от края тающих снежников. Специфические особенности условий среды состоят здесь в значительной сокращенности вегетационного периода, низкой температуре воздуха и почвы, постоянном обильном увлажнении. На одностороннем, унылом фоне горных тундр околоснежные приручьевые лужайки выделяются пестрым, ярким ковром многочисленных цветущих растений, сохраняющих свою свежею зелень до глубокой осени. На этих лужайках произрастают: лаготис северный, камнеломка точечная, камнеломка попкиная, камнеломка снежная, сибальдия стелющаяся, сушеница приземистая и несколько видов маужесток. В высокогорьях Урала с околоснежными приручьевыми лугами связаны многие редкие, интересные с ботанико-географической точки зрения

арктические и альпийские виды. Из них можно назвать найденные нами на Денежкином камне лютик алтайский, горечавку тонкую и ясколку Регеля. В жаркие летние дни олени обычно держатся вблизи снежников и пасутся на околоснежных лужайках, охотно поедая сочную зелень лаготиса, сиббальдии и других трав. Урожайность околоснежных луговиков равна 3—8 центнерам с гектара.

В некоторых районах Урала (горы Хус-ойка, Ойкс-чакур, Ялпинг-ньер, Ишерим, Чувал, Кваркуш, Хоза-гумп, Иремель, Яман-тау и др.) площадь горно луговых массивов очень велика. Так, например, на одном только Кваркуше, по данным А. М. Овеснова, площадь лугов, пригодных для сенокоса, составляет 3800 гектаров. Кроме того, здесь есть свыше 10 тысяч гектаров вторичных психрофильных лугов, которые могут быть использованы в качестве пастбищ. На Кваркуше можно ежегодно скашивать 6 тысяч тонн сена. По производительности луговых массивов Кваркуше не является исключением, и на ряде других гор Северного, Среднего и Южного Урала возможен иногда даже больший сбор сена.

Постоянно дующие в горах ветры значительно уменьшают в субальпийском поясе количество кровососущих насекомых — комаров, мошек, овода, а в альпийском поясе почти нацело исключают возможность их обитания. Отсутствие в высокогорьях «гнуса» значительно повышает пастбищную ценность горных лугов.

Растительные ресурсы высокогорных поясов Урала пока еще используются далеко недостаточно. На Северном Урале и в северной части Среднего Урала (к северу 60° с. ш.) вторичные психрофильные луга и околоснежные лужайки используются наряду с горными тундрами в качестве летних пастбищ для оленей. Нередко олени пасутся также и на субальпийских лугах, особенно в ненастные летние дни (дождь, туман), когда нет мошкар. Выпас



На высокогорных пастбищах Южного Урала (гора Яман-тау)

лошадой и коров на высокогорных пастбищах практикуется в некоторых наиболее обжитых районах северной части Среднего Урала (в бассейне р. Вишеры) и на Южном Урале, преимущественно в Башкирской АССР. Горные луга как сенокосные угодья широко используются также в горах Вишерского Урала (где в некоторые годы заготавливается до 3 тысяч тонн сена) и в районе Яман-тау, Иремели и других крупных гор Южного Урала.

Дальнейшее развитие промышленности и сельского хозяйства в горных районах Урала, несомненно, повлечет за собой более полное освоение растительных ресурсов субальпийского и альпийского поясов. Ценные запасы кормов на высокогорных лугах будут использованы как путем организации на месте, в горах, крупных животноводческих хозяйств, так и путем вывоза заготовленного сена к населенным пунктам.

П. Л. Горчаковский  
Свердловск. Кандидат биологических наук

## ТИПОМОРФНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ЛАНДШАФТЕ

Геохимия ландшафта — новое научное направление, возникшее в нашей стране за последние годы. Обращаясь к истокам этого направления, необходимо прежде всего отметить идеи В. В. Докучаева о естественно-исторических зонах и идеи его ученика академика В. И. Вернадского о геологической роли живых организмов.

8 Природа, № 4

Академик Б. Б. Полюнов сформулировал задачи геохимического изучения ландшафта, дал краткую геохимическую характеристику некоторым конкретным ландшафтам нашей страны, разработал методику исследования и разрешил ряд частных ландшафтно-геохимических вопросов.

К этому направлению близки геохимические

построения ряда советских ученых, касающиеся особенностей миграции элементов в биосфере. Среди последних следует особенно отметить представления члена-корреспондента АН СССР А. П. Виноградова о биогеохимических провинциях.

Само понятие «геохимия ландшафта» нуждается в некотором пояснении, так как вполне законен вопрос, не подменяется ли в данном случае новое понятие новым термином, за которым скрывается старое и хорошо известное содержание — химическая характеристика отдельных составных частей ландшафта — почва, растительности, грунтовых и поверхностных вод и т. д.? Не есть ли геохимия ландшафта совокупность всех химических сведений, накопленных геологией, геоботаникой, почвоведением, гидрогеологией и другими науками, давно уже изучающими химические особенности соответствующих природных тел?

Однако геохимия ландшафта, используя данные этих наук, не ограничивается ими: она располагает своей собственной методикой, включающей полевые и лабораторные исследования.

Как известно, геохимия, возникшая только в XX столетии, изучает историю химических элементов земной коры, их роль в различных процессах, протекающих на земной поверхности или в земных глубинах. Особенное внимание геохимия уделяет миграции элементов, то есть процессам их перемещения в земной коре, переходу из одних химических соединений в другие, осуществляющемуся в ходе таких сложных и разнообразных геологических и физико-географических явлений, как застывание магмы и формирование изверженных горных пород, вулканические извержения, трансгрессии и регрессии морей, образование осадочных горных пород (известняки, глины, пески и другие), деятельность атмосферы и вод суши (реки, подземные воды), работа организмов и другие.

Геохимия ландшафта, являющаяся одним из разделов геохимии, также имеет основным объектом своего исследования химический элемент, его историю в ландшафте, который рассматривается как единое целое.

Особое внимание в связи с этим обращается на взаимосвязи между отдельными составными частями ландшафта: почва — растительность — животный мир, почва — грунтовые воды — поверхностные воды и т. д. Еще В. В. Докучаев указывал на необходимость изучения этих связей.

При геохимическом изучении историю того или иного химического элемента необходимо проследить на всех этапах его миграции в ландшафте — от поступления в данный ландшафт до удаления

из него. Понятно, что подобное изучение ландшафтов имеет большое практическое значение, особенно в наши дни великих строек коммунизма, когда комплексная характеристика природных условий становится важной народнохозяйственной проблемой.

Как известно, химические элементы земной коры поступают в почвы, организмы и природные воды. Одни из этих элементов интенсивно мигрируют и накапливаются в ландшафте, входят в состав многочисленных химических соединений, оказывают большое влияние на различные процессы, определяют многие важные свойства и особенности ландшафта. Другие же элементы влияют на ландшафт гораздо меньше.

Понятно, что для геохимии ландшафта наиболее интересна первая группа элементов, которые, согласно терминологии А. Е. Ферсмана, могут быть названы активными мигрантами.

Особенно важно изучение тех активных мигрантов, от которых зависит какие-либо характерные и существенные особенности данного ландшафта. Такие элементы можно назвать типоморфными и ми. (В ряде случаев правильнее говорить о типоморфных ионах.) Понятно, что в разных ландшафтах типоморфными могут являться различные элементы и ионы.

Б. Б. Полюнов дал краткую геохимическую характеристику сероземной зоны Средней Азии, черноземных степей, зоны смешанных лесов и влажных субтропиков, отметив влияние отдельных элементов — кальция, натрия, кремния, алюминия и других на ландшафты этих зон. Наша дальнейшая характеристика типоморфных элементов в значительной степени основана на трудах этого ученого, хотя термина «типоморфный элемент» он не употребляет. Остановимся на некоторых конкретных примерах.

Рассмотрим ландшафт водораздельного пространства таежной полосы Европейской части СССР, сформировавшийся на ледниковых бескарбонатных отложениях.

Характерная особенность подобных ландшафтов — кислая реакция природных вод (почвенных, грунтовых, речных и других), т. е. наличие в них значительных количеств водородного иона. Почвы здесь, в частности, содержат свободные органические кислоты. Водородный ион характерен не только для почвенного раствора, он имеется также в твердой фазе почвы в виде обменного катиона, а также в минеральных коллоидах валуновых суглинков, залегающих под почвой.

Грунтовые воды, находящиеся в этих ландшафтах, обычно близко от поверхности (2—3 м), отли-

чаются мягкостью и кислой реакцией. Поверхностные воды (реки, озера) местами содержат так много различных органических кислот, что приобретают бурую окраску.

В подобных ландшафтах в изобилии растут лишь растения, хорошо переносящие кислую реакцию, мирящиеся с недостатком в почве кальция и других оснований. Клеточный сок многих из этих растений содержит кислоты (травы, пшавель, кислица и другие).

Как указывает А. П. Виноградов, для кислых почв, бедных кальцием, характерна особая флора. Существует ряд видов, избегающих кальций. Моллюски и другие животные с известковым скелетом здесь имеют уменьшенные тонкие раковины, у птиц сокращается число яиц, скорлупа становится тонкой и пористой. На «кислых» пастбищах породы домашних животных ухудшаются, скот становится малорослым, удоимость коров падает. У домашних животных развиваются болезни ломкости костей (остеопороз, рахит и другие). Понятно, что неблагоприятные хозяйственные особенности этих природных ландшафтов можно преодолеть, обогащая ландшафт кальцием (известкование почв и т. д.).

Таким образом, во всех типах природных растворов этого ландшафта присутствует в значительном количестве водородный ион, оказывающий влияние на все свойства данного ландшафта, на его флору и фауну и на миграцию в нем других химических элементов. Поэтому почти все химические процессы протекают или под влиянием водородного иона, или при его непосредственном участии. Иначе говоря, водородный ион является типоморфным ионом описываемого ландшафта.

Теперь перенесемся мысленно на несколько сот километров к югу и рассмотрим ландшафт степной черноземной полосы. Типоморфный элемент этого ландшафта — кальций — существенная подвижная составная часть его горных пород (лессы и лессовидные породы), природных растворов и почв.

Действительно, мы находим кальций в виде углекислой извести в черноземных почвах и подстилающих их лессах, с чем в основном связана слабощелочная реакция почвенных и грунтовых растворов и коагуляция минеральных и органических коллоидов на месте их образования. Среди обменных катионов поглощающего комплекса почв и грунтов также преобладает кальций. Растения в этих ландшафтах, в отличие от таежной полосы, не испытывают недостатка в нем, нередко соединения этого элемента откладываются в различ-

Ландшафтные зоны Химические элементы	Тундровая	Таежная	Зона смешанных лесов	Зона степей	Зона пустынь	Зона влажных тропиков
Cl						
S						
H (H <sup>ион</sup> )						
Ca						
Na						
Si						
Al						
Fe						

Схема 1. Важнейшие типоморфные химические элементы ландшафтных зон

ных органах в виде минерала вевеллита — щавелевокислого кальция ( $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ ).

А. П. Виноградов отмечает, что животный мир подобных ландшафтов имеет все признаки вполне достаточного кальциевого питания. По сравнению с охарактеризованными выше «кислыми» ландшафтами, яйценоскость птиц здесь выше, породы домашних животных лучше, у овец хорошая шерсть, болезни костей скелета встречаются реже и т. д. В реках и озерах, воды которых также богаты кальцием, моллюски имеют толстые известковые раковины, рыбы и другие организмы растут быстрее.

Грунтовые воды подобных ландшафтов обычно отличаются значительной жесткостью, т. е. также содержат много кальция.

Таким образом, подвижный кальций находится во всех составных частях подобного ландшафта и определяет многие характерные его особенности, в том числе ряд особенностей его флоры и фауны.

Рассмотрим еще один пример — солончаковую котловину где-нибудь в Прикаспийской низменности или в пустынях Средней Азии. Близко залегающие от поверхности грунтовые воды содержат много легко растворимых солей натрия ( $NaCl$  и  $Na_2SO_4$ ). Эти же соли отлагаются в почвах и грунтах, они залегают на поверхности тонкой белой коркой.

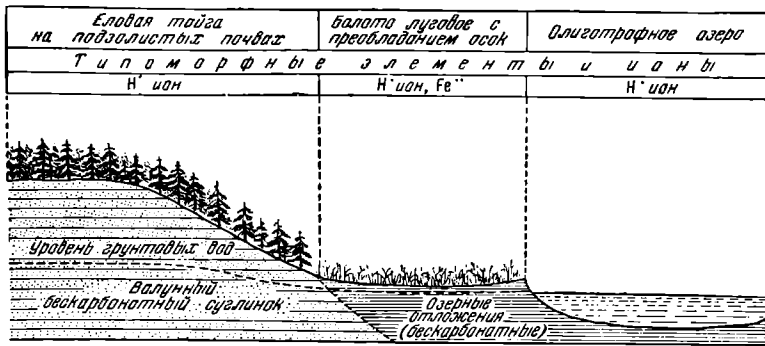


Схема 2. Вариант размещения ландшафтов в тасжной зоне

Коллоиды почв и грунтов содержат значительное количество обменного натрия. Далеко не все растения могут существовать в подобных условиях, только редкие кусты различных «солянок» находим мы на солончаках. Эти растения содержат значительное количество солей натрия и поэтому часто имеют соленый вкус.

Многие из этих растений настолько приспособились к присутствию в почве хлористого натрия, что при его отсутствии становятся стерильными, не цветут и т. д. Некоторые растения борются с избытком натриевых солей, выделяя их на поверхность стеблей и листьев. Ветер легко развевает поверхностную рыхлую солевую корку почвы, солевая пыль поднимается в воздух, так что он также обогащается натрием. Все это позволяет считать натрий типоморфным элементом солончаковых ландшафтов.

Можно было бы привести еще ряд примеров типоморфных элементов. В различных ландшафтах к ним могут также относиться железо, кремний, алюминий и другие.

Важнейшие типоморфные элементы некоторых ландшафтных зон показаны на схеме 1, которая носит предварительный характер и характеризует в основном ландшафтные зоны равнины Европейской части СССР.

В каждой ландшафтной зоне могут встречаться ландшафты, характеризующиеся различными типоморфными элементами и типоморфными ионами. Так, например, в зоне смешанных лесов типоморфным чаще всего является H<sup>+</sup>-ион, но в районах распространения карбонатных пород (например, карбонатной морены) типоморфным элементом обычно является кальций. В этом случае ландшафт, сохраняя свой лесной характер, резко меняется в отношении состава растительности, почв и грунтовых вод.

Во всех зонах на побережьях морей, в местах выхода соленосных пород и источников могут встречаться ландшафты, в которых типоморфным элементом является натрий (различные солончаки).

В одной и той же местности, в зависимости от геологических и геоморфологических условий, ландшафты водоразделов склонов и котловин могут характеризоваться как одинаковыми, так и различными типоморфными элементами и типоморфными ионами (см. схемы 2 и 3).

Преобладание определенных типоморфных элементов в отдельных ландшафтных зонах или группах зон в основном определяется биоклиматическими условиями. Четко различаются лесные зоны умеренного пояса с влажным климатом, для которых типоморфным является H<sup>+</sup>-ион (кислые ландшафты тайги и смешанных лесов) и степные зоны с сухим климатом, для которых типоморфными элементами являются кальций и частично натрий. Вероятно, в дальнейшем четко выделятся также лесные зоны, для которых типоморфным элементом является кальций (например, леса Средиземноморья и другие). На фоне этой основной биоклиматической закономерности действуют другие более частные факторы, обуславливающие различия в типоморфных элементах в пределах ландшафтной зоны: геологическое строение, рельеф, близость к морскому побережью и другие.

В ходе исторического развития типоморфные элементы в ландшафте могут меняться. Так, тасжный ландшафт на известковых породах по мере выщелачивания из пород кальция переходит в обычные кислые ландшафты данной зоны: иначе говоря, здесь со временем вместо кальция типоморфным становится водородный ион.

Миграционные ряды элементов	Состав рядов миграций в биосфере	Показатель порядка величины выноса
1. Энергично выносимые	Cl (Br, J) S	2 п. 10
2. Легко выносимые	Ca, Na, Mg, K	п.
3. Подвижные	SiO <sub>2</sub> (силикатов) P, Mn	п. 10 <sup>-1</sup>
4. Пнертные (слабо подвижные)	Fe, Al, Ti	п. 10 <sup>-2</sup>
5. Практически неподвижные	SiO <sub>2</sub> (кварца)	п. 10 <sup>-3</sup>

Интенсивность миграции различных химических элементов в ландшафте неодинакова, по этому признаку элементы и их соединения могут быть расположены в определенных рядах, которые для коры выветривания в целом были даны Б. Б. Польшовым, как показано на приведенной выше таблице.

Естественно, возникает вопрос: имеется ли какая-нибудь связь между миграционной способностью элементов и их влиянием на процессы, протекающие в ландшафте? Иначе говоря, имеется ли связь между типоморфностью элементов и их миграционной способностью?

Нам представляется, что подобная связь, по крайней мере для макроэлементов, имеется.

Наибольшее влияние на процессы, протекающие в ландшафте, в том числе на продукцию живого вещества в нем, имеют интенсивно мигрирующие макроэлементы и их соединения.

Другими словами, роль данного макроэлемента в ландшафте определяется в большинстве случаев не столько его количественным содержанием, сколько его миграционной способностью.

Так, например, в солончаках кремния в почве значительно больше, чем натрия или хлора, а вместе с тем весь облик этого ландшафта, все его характерные особенности связаны именно с наличием легкорастворимых солей, а не таких малоподвижных в данном ландшафте элементов, как кремний или алюминий.

Точно так же в степных ландшафтах роль подвижного кальция значительно выше, чем малоподвижных элементов кремния, алюминия и железа, хотя здесь их в почвах много.

Часто из всех подвижных макроэлементов типоморфными являются элементы, обладающие наибольшей миграционной способностью и накапливающиеся в данном ландшафте. Остальные подвижные элементы приобретают как бы подчиненное значение.

Так, в солончаках, о которых мы упомянули, помимо солей натрия, имеются также и соли кальция, как, например,  $\text{CaCO}_3$ . Однако они не влияют столь существенно на ландшафт, как более растворимые соли натрия. Поэтому в солончаках типоморфными элементами являются натрий и хлор, а не кальций.

В степных ландшафтах, где солей натрия обычно очень мало, наиболее существенное влияние на

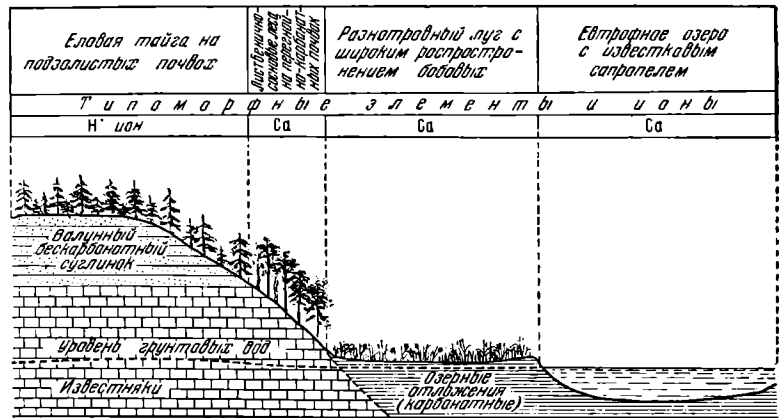


Схема 3. Вариант размещения ландшафтов в таежной зоне

миграцию элементов в ландшафте начинают оказывать соли кальция, т. е. кальций становится типоморфным элементом. Менее подвижные элементы, как, например, кремний, алюминий и другие, в таком ландшафте имеют подчиненное значение.

В экваториальных ландшафтах, где соединений кальция местами почти вовсе нет, большую роль играют кремнекислота и алюминий; типоморфными элементами являются они.

В заключение можно сформулировать следующее общее положение геохимии ландшафта: роль того или иного элемента в ландшафте, его влияние на процессы миграции других элементов определяются не его количественным содержанием в ландшафте, а его миграционной способностью и способностью аккумулироваться в данных условиях. Элементы, обладающие наибольшей миграционной способностью и накапливающиеся в ландшафте, во многих случаях являются типоморфными, в то время как значение других активно мигрирующих, но все же менее подвижных или неспособных к аккумуляции в данных условиях элементов, становится второстепенным.

Изучение роли отдельных химических элементов в ландшафте, анализ их влияния на живое вещество и процессы миграции других элементов, проведенные советскими учеными Б. Б. Польшовым и А. П. Виноградовым, позволяют глубже проникнуть в сущность процесса формирования ландшафта, понять в ряде случаев причину его специ-

фических особенностей, установить зависимости между отдельными его составными частями.

Углубленное геохимическое изучение ландшафта создаст предпосылки для более рациональной и эффективной переработки его природы, исключая

такой возможность тех непредвиденных последствий хозяйственной деятельности, о которых писал еще Фридрих Энгельс, имея в виду бесплатное, хищническое использование природных ресурсов в классовом обществе.

*А. И. Перельман*  
Кандидат геолого-минералогических наук

### ЛИТЕРАТУРА

*В. И. Вернадский.* Биогеохимические очерки, 1940.  
*А. П. Виноградов.* Биогеохимические провинции. Труды юбилейной сессии, посвященной столетию со дня рождения В. В. Докучаева. Изд-во АН СССР, 1949.  
*В. В. Докучаев.* К учению о зонах природы, 1948.  
*Б. Б. Полюнов.* Современные задачи учения о выветривании. Известия Академии Наук. Серия

геологическая, 1944, № 2.  
*Б. Б. Полюнов.* Геохимические ландшафты. В сборнике «Вопросы минералогии, геохимии и петрографии». Изд-во АН СССР, 1946.  
*Б. Б. Полюнов.* Руководящие идеи современного учения об образовании и развитии почв. Почвоведение, 1948, № 1.  
*А. Е. Ферсман.* Геохимия, т. II, 1934

## КРЫМСКАЯ КРУПНОПЛОДНАЯ РЯБИНА

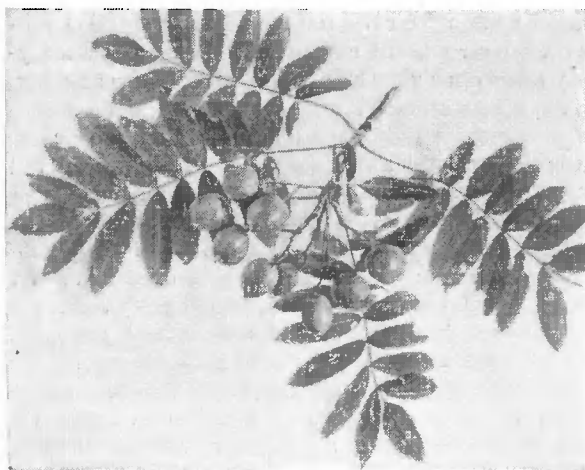
В лесной и лесостепной части Крыма, в дубовых и буковых лесах в диком виде произрастает интересный вид рябины *Sorbus domestica* L. Этот вид рябины мало известен за пределами Крыма, хотя единичные деревья его встречаются на юге Украины и Северном Кавказе.

Крупноплодная рябина — представитель средиземноморской флоры в Крыму. Часто ее неправильно называют садовой рябиной, хотя она имеет значительное распространение только в местных лесах Крыма, в садах же колхозов, совхозов и на

приусадебных участках она встречается редко. Насаждения этой рябины распространены в следующих административных районах Крымской области: Куйбышевском, Бахчисарайском, Судакском, Алуштенском и несколько меньше — в Белогорском, Зуйском, Симферопольском и Ялтинском. В этих районах она растет по горным склонам, на глинистых и известковых почвах среди дуба, бука, граба и других лесных пород.

Дерево Крымской рябины достигает в высоту 10—12 метров. Ствол толстый, в обхвате 0,8—1,3 метра. Кора на нем шероховатая, серой окраски. Сучья толстые и отходят от ствола под углом 45—60 градусов, образуя при этом округлую или широкопирамидальную крону. Соединение сучьев со стволом прочное. Почка довольно крупные, продолговатые, светлорубой окраски, неопушенные, клейкие. Плодоносит крупноплодная рябина больше на кольчатках и меньше на плодовых прутиках. Кольчатки живут до 13—16 лет. Плодовые почки смешанные, при распускании их развивается 3—4 листа и соцветие. Листья сложные, непарноперистые, длиной 10—12 сантиметров, семи-девятипарные, на коротком зеленом черешке (3—4 сантиметра); листочки сидячие, продолговато-ланцетные, длиной 4,5—5,2 сантиметра и шириной 1,5—2 сантиметра, по краю остропильчатые, сверху темнозеленые, снизу светлозеленые, со слабым опушением по главному нерву.

Соцветие — многоцветковый щиток, в поперечнике 8—10 сантиметров. Цветки белые; столбиков пять, завязь пятигнездная. В Крыму цветение происходит большей частью в первой половине мая,



Ветка с плодами крымской крупноплодной рябины

когда яблоня и груша уже отцветают. Крупноплодная рябина требует перекрестного опыления. У нее сильно выражено явление партенокарпии, т. е. завязывание плодов без оплодотворения яйцеклетки. Все партенокарпические плоды оказываются без семян, они мельче по размеру, сильнее окрашены, раньше созревают и преждевременно осыпаются.

Плоды у Крымской рябины крупные (от 1,5 до 3,5 см в поперечнике). Форма разнообразна: встречаются яблоковидные, грушевидные, овально-продолговатые и др. При обследовании насаждений крупноплодной рябины в Крыму нами обнаружено более 10 разновидностей этой рябины, различающихся между собой по форме плодов. По окраске — зеленые, желтовато-желтые, буровато-красные и т. д. При полном созревании плоды приобретают в большинстве случаев темную окраску. Мякоть у незрелых плодов плотная, сочная, кислосладковатая, довольно терпкая. При полном созревании — кисловато-сладкая, приятного вкуса, ароматичная. Зрелые плоды, по данным нашего химического анализа, содержат от 12,4 до 16 процентов сахара и 0,65—0,75 процента кислоты; витамин С почти отсутствует. Плоды созревают во второй половине сентября и в начале октября. Нами обнаружены формы (Куйбышевский район) крупноплодной рябины, которые приносят поздно созревающие плоды, лишенные всякой терпкости и хорошо сохраняющиеся в лежке до января. После наступления съемной зрелости плоды плохо держатся на дереве и сильно осыпаются, их необходимо своевременно снимать; в лежке

сохраняются плоды плохо, обычно их после съемки подвергают переработке. Использование плодов разнообразное: они употребляются в свежем виде, для сушки, компотов, варенья, вина и пр. Местное население использует плоды и как лекарственное средство против желудочных заболеваний.

Размножается крымская крупноплодная рябина у себя на родине больше семенами и корневой порослью. В пору плодоношения при семенном размножении вступает в 8—10 лет, при размножении порослью — в 6—8 лет. В возрасте 30—40 лет деревья приносят до 150—200 килограммов урожая, а отдельные мощные, одиночно стоящие деревья, как мы наблюдали в Крыму, и больше. Плодоношение ежегодное. В литературе есть указания, что крупноплодная рябина дает урожай до 500—600 килограммов с дерева.

В условиях Крыма крупноплодная рябина — одна из зимостойких плодовых пород. Она хорошо переносит морозы до  $-30^{\circ}\text{C}$ . Она также засухоустойчива и потому может быть использована в защитном лесонасаждении в степной части Крыма; вредителями и болезнями, как показывают наблюдения, поражается значительно слабее, чем другие плодовые породы.

Разнообразие форм рябины в лесных массивах Крыма дает возможность отобрать лучшие в производственном отношении формы как материал для непосредственной культуры в садах, а также как исходный материал для выведения новых крупноплодных сортов рябины для более северных районов СССР.

*Е. М. Петров*  
Казань. Кандидат сельскохозяйственных наук

## НОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В РАЙОНАХ ГЛАВНОГО ТУРКМЕНСКОГО КАНАЛА

В пойме Аму-Дарьи, почти на всем ее течении (от Вахша до хребта Султан-Уиз-Даг близ Нукуса), произрастает гигантский субтропический злак — горный камыш — *Erianthus rigpurascens* Anderss (по-туркменски — хышшá), образующий густые заросли (рис. 1).

Многолетние кусты этого злака, диаметром до 0,8 метра, состоят из нескольких десятков стеблей, высотой до 6 метров, и многочисленных прикорневых листьев, длиной до полутора метров (рис. 2).

Стебли горного камыша заполнены внутри паренхимой с многочисленными сосудисто-волокнистыми пучками, окруженными склеренхимой. Этим

обеспечивается значительная прочность стеблей. На рис. 3 изображена часть поперечного разреза стебля. На нем виден периферический слой склеренхимы с малыми проводящими пучками (а), образующими наиболее крепкую часть стебля; внутри — паренхима с крупными проводящими пучками (б).

Исследования показали, что стебли и листья горного камыша, урожай которого в долине Аму-Дарьи, между городами Чарджоу и Керки, достигают свыше 100 тысяч тонн, дают сырье, из которого можно изготовить строительные материалы для сооружения жилых домов, барачков, складов в районах Главного Туркменского канала.





Рис. 1

Из стеблей горного камыша можно выделять плиты, подобные плитам камышита, который широко применяется в качестве местного строительного материала. Из плит камышита в устье реки Урала выстроен город Эмбанефть, дома которого (в том числе и трехэтажные) хорошо сохраняются уже более 20 лет.

На Туркестано-Сибирской железной дороге из этого же материала воздвигнуты вокзалы и дома. Это позволило закончить строительство в рекордно короткий срок — 2 года.

Плиты эриантита (изготовленные из горного камыша) по качеству значительно превосходят ка-



Рис. 2

мышитовые. При высоте стеблей в 5—6 метров можно выделять плиты длиною до 4 метров. Это дает возможность (учитывая большую прочность этого материала) строить стены из одного яруса, значительно экономя затраты дерева на сооружение каркаса. Стеблевые листья горного камыша, узкие и крепкие, не дают в плитах трухи, не ослабляют их, как это свойственно камышиту.

Большое применение на стройках Главного Туркменского канала может получить картон из горного камыша, а также из другого субтропического злака — *Saccharum spontaneum* L. (калам), заросли которого распространены в пойме Аму-Дарьи выше г. Чарджоу. Куст калама достигает двух метров высоты.

Всесоюзный институт бумажной и целлюлозной промышленности, проводивший испытание проб *Erianthus* и *Saccharum* с поймы Аму-Дарьи, установил, что стебли и листья этих злаков дают сырье, пригодное для изготовления бумаги средних и высших сортов. Качество этого сырья — более высокое по сравнению с ржаной соломой, которая тоже идет на изготовление бумаги. Наиболее хорошие результаты дала варка целых кустов, т. е. смеси стеблей и листьев в их естественном соотношении.

На рис. 4 изображена мацерированная масса из стеблей и листьев горного камыша. Обилие длинных и тонких склеренхимных волокон (а) дает возможность изготавливать бумагу хорошего качества. Небольшая примесь клеток эпидермиса (б) и паренхимы (в) может лишь незначительно ухудшить сорт бумаги. Таким образом, высокое качество сырья — горного камыша и калама — обеспечивает успешное применение его для производства строительного картона.

Изготовление плит и картона из этих злаков может значительно облегчить антисейсмическое строительство, столь необходимое в юго-западной Туркмении.

Из плит эриантита, связанных каркасом (деревянным или легким металлическим) и облицованных картоном, можно возводить антисейсмические постройки, в несколько раз менее сложные и более дешевые по сравнению с теми, которые производятся в настоящее время для восстановления г. Ашхабада.

Строительные материалы из горного камыша могут быть использованы не только для сооружения поселков в зоне Главного Туркменского канала, но и для городского строительства в сейсмических районах Туркменской ССР.

Большим преимуществом эриантита является его транспортабельность: в то время как из одной тонны эриантита можно выстроить более 10 квадратных

метров стены здания, из одной тошны кирпича — лишь менее 1,5 квадратного метра.

Наибольшая площадь зарослей горного камыша находится в пределах Туркмении, в пойме рек Аму-Дарья и отчасти Мургаба. Экспедиция, работавшая под руководством автора, выяснила и нанесла на карту заросли горного камыша между городами Чарджоу и Керки, а также между Чарджоу и Дейнау. Заросли горного камыша имеются также в Хорезмском оазисе, в долине Аму-Дарьи, выше головного сооружения Главного Туркменского канала.

Для успешного возобновления зарослей горного камыша население ежегодно, осенью или ранней весной, производит выжигание их отмерших наземных частей. При этих условиях горный камыш быстро отрастает заново и дает полный урожай.

Расположение зарослей по берегам Аму-Дарьи дает возможность транспортировать заготавливаемое сырье водным путем, используя для этой цели туркменские лодки (каюки). Лодки можно загружать прямо с берега, для чего не требуется сооружать пристани.

К зарослям, расположенным в пойме Аму-Дарьи, примыкает густонаселенная терраса с многочисленными поселками. Заготовку горного камыша можно производить по окончании сбора хлопка, что обеспечивает ее достаточным количеством рабочей силы.

Чтобы проводить заготовки горного камыша в широких масштабах, необходимо уже сейчас приступить к конструированию машин для механизации работ по уборке урожая.

Для производства эриантита необходимо построить опытный завод по типу предприятий, изготовляющих камышит. На таком заводе следует организовать разработку технологических процессов изготовления эриантита, для чего достаточно иметь два-три вагона стеблей, которые можно заготовить вблизи Чарджоу. После разработки технологических процессов следует развернуть строительство заводов по изготовлению эриантита в Хорезмском оазисе — для снабжения эриантитом районов верхнего течения Главного Туркменского канала, — и в наиболее крупном массиве зарослей близ Саята — для снабжения юго-западной части Главного Туркменского канала, а также ряда городов, где необходимо антисейсмическое строительство.

Места постройки заводов должны быть уточнены с учетом сырьевой базы горного камыша, более детальное изучение которой необходимо провести в ближайшее время.

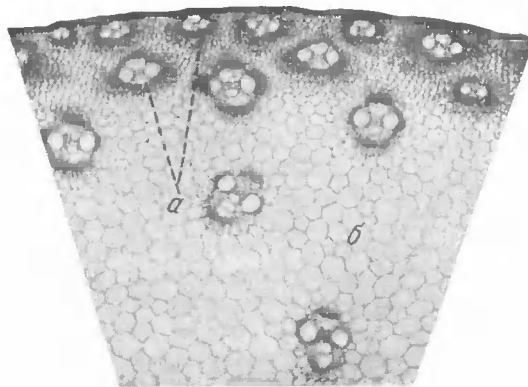


Рис. 3

Для производства строительного картона следует предварительно заготовить четыре-пять вагонов сырья из горного камыша и калама и на одном из бумаго-целлюлозных предприятий, работающих на соломенном сырье, провести опытные варки в ползаводском масштабе.



Рис. 4

На основе опытных варок следует разработать проект сооружения в Туркмении фабрики по изготовлению строительного картона из нового сырья — горного камыша и калама.

Профессор В. А. Дубянский

## ГИГАНТСКИЕ ПАНЦЫРНЫЕ РЫБЫ

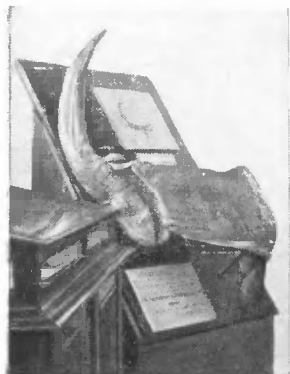


Рис. 1. Монтированные кости плечевого пояса *Heterostius*. Средне-спинная и передние—боковая и спинно-боковая (сросшиеся) пластинки

рам не уступают американским формам. К слову сказать, величина последних, указываемая в учебниках (до 9—10 метров длины), преувеличена. Исходя из размеров черепа крупнейшего экземпляра *Titanichthys*, достигающего 120 сантиметров ширины, и из пропорций других родов группы (у которых сохранился скелет туловища и хвоста) можно подсчитать, что длина этой рыбы не превышала 5—6 метров. Примерно такой же длины достигали упомянутые выше рыбы из нашего девона, которые найдены не только в Советской Прибалтике, но и в Ленинградской и Псковской областях.

На рис. 1 показана монтировка двух костей панцыря *Heterostius*, выставленная в Центральном геологоразведочном музее имени академика Ф. И. Чернышева (в Ленинграде), а на рис. 2 для пояснения — реконструкция панцыря этого рода с брюшной стороны. *Heterostius* отличается широкой уплощенной формой головы и сильной редукцией брюшного панцыря, от которого осталась только одна средняя пластинка, расположенная под передней частью головы. Для соединения спинного щита с этой пластинкой и служат превратившиеся в бивневидные отростки боковые кости плечевого пояса (см. рис. 1). Плечевой

пояс у артродир служил для поддержки головы, опиравшейся на сочленовные бугры передней спинно-боковой пластинки (видны на обеих фигурах). Мускулы, поднимавшие голову, прикреплялись впереди к заднему краю среднезатылочной пластинки, а позади — к нижней поверхности спинной пластинки, по бокам ее кля. В связи с этим понятно, почему у *Heterostius* при общей редукции и укорочении туловищного панцыря сохранились массивные кости его переднего края, необходимые для опоры и движения тяжелой головы.

Такие громадные плоскоголовые рыбы, с тяжелым наружным скелетом на голове и спине (кости достигают 4—5 сантиметров толщины) и с редуцированным брюшным панцырем, конечно, должны были быть сравнительно малоподвижными придонными существами. В отличие от американских гигантских артродир, которые жили в море и были подвижными и сильными хищниками, громадные рыбы нашего девона обитали в пресных водах и по образу жизни были, вероятно, похожи на современных сомов. Можно думать, что и по форме тела эти рыбы были похожи на сомов — имели плоскую широкую морду и удлиненное туловище и хвост. Вероятно, именно с удлинением туловища связана редукция панцыря. У сомов, как и вообще у рыб с удлиненной формой тела, также замечается редукция кожных окостенений.

Благодаря своей массивности *Homostius* и *Heterostius* часто сохраняются в ископаемом состоянии и легко замечаются исследователями. Они служат хорошими руководящими окаменелостями, характеризующими верхние горизонты нашего среднего девона.

Д. м. Обручев

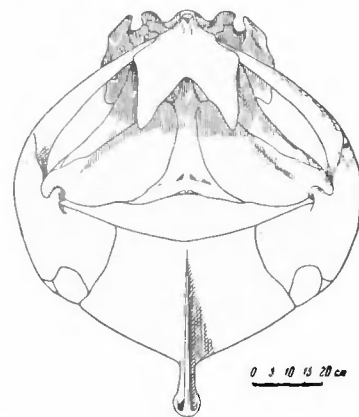


Рис. 2. Реконструкция головно-туловищного панцыря *Heterostius* (из Гейнца, 1930)

# КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

## В ПОМОЩЬ СТРОИТЕЛЯМ КАНАЛА

В. Н. Минервин

### ПРАКТИЧЕСКИЕ СОВЕТЫ СТРОИТЕЛЯМ ГЛАВНОГО ТУРКМЕНСКОГО КАНАЛА

Издательство Академии наук  
Туркменской ССР,  
1951, 28 стр.

Эта маленькая справочная книжка запоздала выходом на полгода: ее следовало выпустить к началу исследовательских экспедиций, направленных в Туркмению для выяснения всех условий местности по намеченной трассе канала — рельефа, состава почв, наличия и качества строительных материалов и т. д.

В предисловии автор сообщает, что готовит отдельную книгу с описанием всех особенностей пустыни, чтобы строители хорошо узнали все ее трудности и научились их преодолевать без ущерба для работ и преда для себя, а до выпуска этой книги перечисляет самое главное, что пригодится при работе в лагерной жизни. Эти советы распределены по нижеследующим главам.

В главе «Что такое пустыня Кара-Кум» сказано, что она представляет собой не мертвые барханные пески, совершенно лишённые растений и всякой жизни,

дорог и воды, что все это в ней есть, а голые пески создает сам человек, уничтожая всякую растительность на топливо и корм для скота. Автор говорит, что мертвую пустыню нужно искать только поближе к жилым местам. Это верно, но не безусловно: участки совершенно голых барханных песков создает ветер и вдали от жилых мест, без помощи человека и его скота, там, где много песчаного материала для перевевания. Такова полоса барханных песков вдоль левого берега Аму-Дарьи, шириной в 50 километров, лишённая растительности и поддерживаемая в зимнее полугодие развеванием свежих речных отложений песчаного материала и направлением зимних ветров. Такие участки голых песков я встречал местами в разных частях Центральной Азии вдали от жилья, при наличии обильного материала для развевания. Огромные барханные пески пустыни Такла-макан развиты и вдали от жилых оазисов.

Вторая глава характеризует погоду в пустыне и советует, какую одежду нужно одевать в жаркое и холодное время года, чтобы сохранять наибольшую работоспособность и не страдать

от жары и холода. Объяснены также условия передвижения по пескам в разную погоду.

Глава «Как наш организм борется с излишним теплом» содержит указания правил гигиены, помогающих в этом отношении человеку, а следующая излагает «Суточный режим и распределение работ», наиболее целесообразные для их наибольшей успешности и сохранения здоровья. Глава «Отдых и тепло» поможет устроить свое временное жилище для ночного и дневного отдыха в разное время года.

Характеристика «Одежды и обуви» в следующей главе излагает особенности этих частей костюма в различных условиях погоды и передвижения, а глава «Как утолять жажду» знакомит с требованиями гигиены в отношении воды, которую дает пустыня, ее количества и качества. Эти замечания очень полезны, так как утоление жажды при несоблюдении правил часто подрывает силы человека.

Несколько полезных указаний находим и для «любителей загорать» на солнце, а «режим питания» необходимо соблюдать строго, чтобы постоянно поддерживать полную работоспособность.

Не объяснено, что такое «верблюжий чал» (папиток из верблюжьего молока), который ускоряет и улучшает пищеварение и утоляет жажду, почему им необходимо обеспечить работников перед трудной работой (стр. 17).

Глава о «Витаминах» разъясняет, как и чем улучшать пищу в экспедиционных условиях, когда преобладают мука, крупа, консервы и мало овощей и фруктов, содержащих витамины. В главе «Такры и пресная

вода» сказано, как улучшить воду ревенем, собирать дождевую воду на непроницаемой почве такыра, особенности которого недостаточно объяснены на стр. 7. Полезны советы относительно «душа и купанья в пустыне» и о том, «как теряют и находят дорогу» неопытные люди, заблудившиеся при первых экскурсиях.

Большая глава знакомит с «предными и ядовитыми животными и насекомыми», значение

которых в пустыне часто преувеличивают, но меры предосторожности полезно усвоить.

В заключение автор просит прибывших в пустыню беречь ее растительность, которую так легко уничтожить и трудно восстановить. Поэтому на топливо для изготовления пищи следует брать не живые, а засохшие растения.

В общем можно сказать, что эта брошюра будет очень полезна всем не знакомым с условиями жизни в пустыне.

*Академик В. А. Обручев*

## АСТРОНОМИЯ В РОССИИ XVII—XVIII ВЕКОВ

В. Л. Ченакал

### ОЧЕРКИ ПО ИСТОРИИ РУССКОЙ АСТРОНОМИИ

Издательство Академии Наук СССР, 1954, 110 стр.

По истории астрономии в России имеется ряд работ и очерков. Среди них выделяется интересная работа Д. О. Святского, который собрал астрономические сведения, встречающиеся в русских летописях. Эпоха XVII и начала XVIII веков освещена в нашей литературе более скудно, и поэтому вполне своевременно появление книги В. Л. Ченакала, в основном посвященной наблюдательной астрономии этого периода.

В первой главе книги собраны многочисленные сведения об имевшихся в России в XVII веке зрительных трубах и различные факты проявления интереса русских людей того времени к астрономической науке. Документально установлено, что уже через несколько лет после изобретения телескопа зрительные трубы появились в Москве, а за-

тем и в некоторых других городах. К сожалению, мы еще не располагаем данными о том, использовались ли эти инструменты для астрономических наблюдений.

Последующие главы посвящены краткому описанию жизни пяти замечательных русских людей — Афанасия Холмогорского, Феофана Прокоповича, Петра Первого, Якова Брюса и Леонтия Магницкого, деятельность которых способствовала развитию астрономии в России.

Афанасий Холмогорский, будучи одним из наиболее образованных русских людей своего времени, оборудовал в Холмогорах, на будущей родине величайшего русского ученого XVIII века — Ломоносова небольшую обсерваторию, или наблюдательный пункт, где, повидимому, занимался некоторыми астрономическими наблюдениями. Архиепископ Новгородский и Псковский Феофан Прокопович, тоже образованный человек своей эпохи, собрал коллекцию астрономических инструментов. Проводя значительную часть жизни

в Петербурге, Прокопович имел близ Ораниенбаума загородную дачу и часто бывал в самом Ораниенбауме, в усадьбе сподвижника Петра — Меншикова, где была хорошо оборудованная обсерватория, в которой Прокопович производил наблюдения. К сожалению, история не сохранила нам результатов его астрономических работ. В главе, посвященной Петру Первому, автор рассказывает об интересе царя к астрономии в связи со значением этой науки для мореходного дела, которое он старался всемерно развивать.

Следующая глава повествует о жизни и трудах Я. В. Брюса, оставившего глубокий след в русской культуре. Среди этих материалов особенно интересны письма Брюса к Петру, содержащие описание инструментов для наблюдения солнечных затмений и для определения географической широты по Полярной звезде, а также описание наблюдений солнечных пятен. Примечательно, что Брюс, наряду с астрономическими наблюдениями, занимался также изготовлением

зеркальных телескопов. Ряд инструментов из обсерватории Брюса после его смерти поступил в Академию Наук и был использован в академической обсерватории.

В последней главе говорится об «Арифметике» Магницкого, в которой содержатся сведения по практической астрономии, геодезии, навигации. Определение широты по Солнцу излагается с такими, например, подробностями, как учет солнечного параллакса при помощи специальной таблицы. В конце главы упоминаются некоторые русские географы и путешественники, ученики Магницкого по московской «Навигацкой школе», которые применяли на практике изложенные в «Арифметике» правила определения географических координат и содействовали географическому изучению территории России.

Книга содержит много любопытных сведений и доказывает наличие у русских людей XVII—XVIII веков значительного интереса к астрономии. Недостаточно, однако, подчеркнута положительная роль деятелей астрономии того времени в установлении подлинно материалистических традиций русской науки.

В книге имеется несколько неточностей и ошибок. На стр. 98 автор утверждает, что точность определения Евреиновым и Лужинным географических широт и долгот в Сибири составляет 40 секунд (каких: дуговых или времени?) На самом деле, как это правильно указано в цитируемой автором книге О. А. Евтеева «Первые русские геодезисты в Тихом океане», дело обстоит совсем иначе. Для большинства пунктов широты были определены с точностью до десяти минут

дуги, а на Камчатке и Курильских островах ошибка доходит до двух градусов. Что касается долгот, то, поскольку они определялись числением по длине пройденного пути от Тобольска, и притом без учета сближения меридианов, все долготы преуменьшены почти в два раза, вследствие чего на Камчатке ошибка долготы доходит почти до 50 градусов. Отметим еще отсутствие расшифровки термина «полус годе» в письме Брюса к Петру (стр. 70).

В скобках («или элевацию поли») Брюс ясно указывает, что речь идет о высоте полюса, равной географической широте.

Слово «годе» есть, очевидно, русская транскрипция голландского слова, означающего высоту (по-голландски — Hoogte). Заметим еще, что на стр. 97 перепутаны сноски.

*Член-корреспондент Академии Наук СССР  
А. А. Михайлов*

## ЦЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ О ВЕЛИКОМ РУССКОМ МОРЕПЛАВАТЕЛЕ

Д. М. Лебедев

ПЛАВАНИЕ А. И. ЧИРИКОВА  
НА ПАКЕТБОТЕ «СВ. ПАВЕЛ»  
К ПОБЕРЕЖЬЯМ АМЕРИКИ

С приложением  
судового журнала 1741 г.

Издательство Академии Наук  
СССР, 1951, 431 стр.

Алексей Ильич Чirikov по праву занимает видное и почетное место в ряду выдающихся военно-морских деятелей России первой половины восемнадцатого столетия. Он был представителем передовой русской географической школы. Его открытия и исследования на Ти-

хом океане — великий вклад не только в отечественную, но и в мировую науку.

Жизнь А. И. Чirikова — пример бескорыстного служения Родине. Преданность патристическому долгу давала ему моральные силы, а глубокие научные познания позволяли действовать уверенно и решительно в достижении поставленной цели. В самые опасные минуты он сохранял самообладание и твердость духа. Героический образ талантливого и отважного мореплавателя дорог и близок нашему народу. Между тем жизнь и деятельность этого замечательного ученого и мореплавателя еще очень

слабо освещена в нашей литературе. Выход в свет книги Д. М. Лебедева в некоторой степени восполняет этот пробел. Представляет несомненный интерес то, что автор в своей книге впервые опубликовал судовой журнал пакетбота «Св. Павел». Капитан 2 ранга Г. К. Шумейко, участвовавший в подготовке настоящего издания, дал обстоятельный анализ судового журнала Чirikова с точки зрения современных научных знаний.

Многие советские ученые отмечали заслуги Чirikова, однако журналы его плаваний к берегам Америки до сих пор не были подвергнуты тому подроб-

ному исследованию, которого они, безусловно, заслуживают. Это подтверждает важность и актуальность книги.

В введении, которое следует за предисловием, приведены некоторые биографические данные о великом русском мореплавателе, дана характеристика его как преподавателя Морской Академии. Уже в то время Чириков проявил себя талантливым и сведущим моряком. Не случайно в 1724 году он был назначен помощником Беринга, поставленного во главе 1-й Сибирско-Тихоокеанской экспедиции. Во время плавания в 1728 году к Чукотскому полуострову с особенной силой выявились способности и знания А. И. Чирикова. Когда «Св. Гавриил» 13 августа, ровно через месяц после выхода из Петропавловска, достиг 65°30' северной широты, возник вопрос, что же делать дальше: продолжать ли плавание или вернуться обратно на Камчатку для зимовки? Беринг и Шпанберг высказались за прекращение плавания и возвращение, Чириков же стоял за продолжение плавания. По его мнению, только при этом условии можно было окончательно убедиться, что Америка отделяется от Азии проливом. Чириков считал, что состояние льдов позволит достигнуть Колымы до 25 августа. Д. М. Лебедев правильно оценивает это смелое решение проблемы, выдвинутое А. И. Чириковым. «Наставая плыть до Колымы, А. И. Чириков продолжал славную традицию русских моряков XVII в., не боявшихся суровых условий Северного Ледовитого океана.

Это предложение обнаруживает чрезвычайно широкий географический горизонт А. И. Чирикова, так как действительно отсутствие перешейка между Азией и Америкой можно было

бы считать безоговорочно доказанным лишь после тщательного изучения участка океана между Чукоткой и Колымой, что было выполнено значительно позже» (стр. 19).

Заслуживает внимания также замечание Д. М. Лебедева о том, что Чириков, судя по оставленным им документам о земле, расположенной против Чукотки, несмотря на загруженность делами экспедиции, произвел научные изыскания и правильно оценил материалы, относившиеся к северо-востоку Азии и прилегающим водам Тихого океана.

Смелое предложение Чирикова не было принято. «Св. Гавриил», дойдя до 67°18' северной широты, повернул обратно и 2 сентября 1728 года прибыл в устье Камчатки.

Вскоре после возвращения в Петербург Беринга, Чирикова и других участников замечательного плавания русское правительство в 1732 году приняло решение о посылке 2-й Сибирско-Тихоокеанской экспедиции. В разработке программы исследования для этой экспедиции участвовали различные правительственные учреждения и Петербургская Академия наук. Составленная для экспедиции программа намечала разрешение ряда научных и практических задач, объединенных единой идеей укрепления безопасности дальневосточных границ.

Экспедиция должна была исследовать возможность плавания из Архангельска на Камчатку через Северный Ледовитый океан, продолжить путь к Северо-Западной Америке и к Японии, дать описание островов Курильской гряды. Экспедиции поручалось произвести метеорологические наблюдения, собрать материалы по фауне и флоре, географии, истории и этнографии.

Решение этих задач должно было привести к упрочению экономических связей, укреплению безопасности России на Дальнем Востоке, в частности к предотвращению угрозы со стороны английских и французских колонизаторов, устремившихся в районы северной части Тихого океана. снаряжаемая 2-я Сибирско-Тихоокеанская экспедиция рассматривалась русским правительством как предприятие большого государственного значения. Эта сторона вопроса, к сожалению, в рецензируемой работе не получила достаточно полного отражения.

Д. М. Лебедев подробно остановился на характеристике деятельности А. И. Чирикова в разработке программы исследования, которым должна была заниматься экспедиция. Он правильно показывает, что Чириков подверг обоснованной критике карту, предложенную французским ученым И. Н. Делилем, являвшимся членом Петербургской Академии Наук. Опираясь на эту карту, инструкция рекомендовала идти экспедиции «для поисков земель и морей, расположенных к северу от Южного моря». На этой карте на юго-востоке была показана мифическая земля «Дон. И. де Гама». Однако Чириков не был введен в заблуждение этой картой и еще до бесплодных поисков этого острова доказывал, что земли де Гама на самом деле не существует. Чириков точно определил, в каком направлении следует искать Северо-Западную Америку. Он уверенно говорил, что Америка «не песьма далека от Чукоцкого восточного угла, лежащего в 64 градусах». Он заявлял, что нет надобности идти к югу до испанских колоний, так как учитывал, что поход к Мексике может привести к осложнению отношений с Испанией.

Характерно, что Чириков точно определяет район исследования, которое намечалось произвести на пакетботах «Св. Петр» и «Св. Павел», заключая этот район в границах 15°—от 50° до 65° с. ш. Северные же отряды экспедиции, по мнению Чирикова, должны были обследовать северную часть пролива, получившего впоследствии название Берингова.

Оценивая эти предложения А. И. Чирикова, Д. М. Лебедев замечает, что географические познания этого замечательного мореплавателя были чрезвычайно обширны. При этом автор следовало бы подчеркнуть, что, выбирая район исследований для отряда, отправляемого к американским берегам, и для северных отрядов, Чириков считал, что все отряды экспедиции должны были решить единую задачу — проложить путь на Тихий океан.

Центральное место в книге уделено описанию плавания «Св. Павла» в 1741 году к берегам Северо-Западной Америки. Это описание сделано на основании судового журнала. Изю дня в день автор излагает события знаменитого плавания этого корабля. Как известно, с 4 по 20 июня суда «Св. Петр» под командованием Беринга и «Св. Павел» под командованием Чирикова шли вместе. 20 июня в 49° с. ш. корабли потеряли друг друга. Беринг направился к широте 46° и много времени затратил на поиски мифической земли де Гама. Между тем, Чириков после трех дней бесплодных поисков начальника экспедиции направился к берегам Америки.

В процессе плавания Чириков тщательно измерял глубины моря, делал попытки определять течение.

Большое внимание Алексей Ильич придавал описанию животного

мира. Так, в записи от 7 июля Чириков дал образное описание медуз. В тот день мореплаватели заметили, что в море плавало много цветов, которые были «видом в воде зеленые и желтоватые». После осмотра оказалось, что «они не травяные, токмо стужившая вода наподобие киселя, каких обычайно много выбрасывает на морские берега».

Особенно счастливым для мореплавателей днем было 15 июля: в этот день они заметили невдомую землю. В журнале по этому поводу сделана следующая запись: «в 2 часа пополуночи впереди себя увидели землю, на которой горы высокие, а тогда еще не очень было светло, того ради легли на дрейф. В 3-м часу стало быть землю свободнее видеть, на которой виден был и оную признаваем мы подлинною Америкою по месту по положению ее, по длине и по ширине; а в 3 часа пополуночи были в ширине 55°21' N, в разности длине от Вауа 61°55'».

В таких лаконичных, но выразительных выражениях отмечено величайшее географическое открытие.

Полтора сутками позднее Американский берег был открыт и Берингом. «Таким образом, А. И. Чириков и его спутники были первыми в мире европейцами, увидевшими этот северо-западный район Северной Америки и доставившими о нем достоверные сведения», — пишет Д. М. Лебедев (стр. 40).

Оценивая заслуги Чирикова в изучении Сибири, автор пишет, что великий мореплаватель обладал достаточно обширным кругозором и, живя много лет в Сибири, ясно представлял себе ее значение в системе народного хозяйства России. Это заставляло его обращаться к правительству с предложениями о развитии хозяйственной жизни в рус-

ских азиатских владениях и об их укреплении с целью защиты от посягательств иностранных государств.

Предложенная А. И. Чириковым в 1746 году программа по освоению Сибири, как правильно отмечает Д. М. Лебедев, характеризует его как талантливого экономиста, государственного деятеля, ученого.

Следует добавить, что многочисленные картографические материалы, опубликованные членом-корреспондентом Академии Наук Союза ССР А. В. Ефимовым, В. А. Переваловым, а также карты, которыми располагает автор настоящей статьи, показывают историческую роль Чирикова в развитии русской картографии. Выход в свет работы Д. М. Лебедева и опубликование им корабельного журнала пакетбота «Св. Павел» за 1741 год является ценным вкладом в дело изучения великих русских географических открытий.

Советские ученые в журнале Чирикова могут почерпнуть много интересных сведений по самым различным вопросам научных знаний.

Трудно согласиться с трактовкой Д. М. Лебедева названий экспедиций. Научное название экспедиции указывает направление, по которому должно идти исследование данного вопроса. Когда А. Покровский составлял сборник документов под названием «Экспедиция Беринга», то он, вопреки исторической правде, односторонне подбирал документы, чтоб показать исключительные заслуги Беринга в экспедиции.

В работах академика Л. С. Берга тоже на первый план выдвигается Беринг. Поэтому мы можем принять научное название экспедиций — Сибирско-Тихоокеанские.



Книга хорошо оформлена, снабжена иллюстрациями географического характера, дающими возможность составить более отчетливое представление о рельефе Северо-Западной Америки и об

островах Алеутской гряды, которые были описаны и открыты русскими мореплавателями. К книге приложены карты, прекрасно выполненные капитаном 2 ранга Г. К. Шумейко.

Можно лишь пожалеть, что эти карты не даны цветными.

Советский историк, географ и этнограф с интересом прочтут труд о крупнейшей победе русских моряков в XVIII веке.

*В. А. Дивин*

## Н О В Ы Е К Н И Г И

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
АКАДЕМИИ НАУК СССР

**Белликин Д. С.** акад., **Иванов Б. В.** и **Лапин В. В.** Петрография технического камня. 1952. 583 стр. с илл., 1 вкл.

**Канасв И. И.** Гидра. Очерки по биологии пресноводных полипов (Серия «Итоги и проблемы современной науки»). 1952. 370 стр. с илл.

**Ковда В. А.** Великий план преобразования природы (Научно-популярная серия). 1952. 112 стр.

**Памяти Дмитрия Посифовича Ивановского.** Материалы объединенного общего собрания Отделения биологических наук Академии Наук СССР, Академии медицинских наук СССР и Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина (21—22 ноября 1950 г.). 1952. 93 стр.

**Райков Б. Е.** Русские биологические эволюционисты до Дарвина. Материалы к истории эволюционной идеи в России. Том I (Институт истории естествознания). 1952. 471 стр с иллюстрациями.

**Рекк Г. Ф.** Сбор и определение паутиных и плоских клещей, вредящих древесной растительности. (Серия «В помощь работающим на ползащитных лесных полосах»), Зоологический институт АН СССР. 1952. 26 стр.

**Состояние теории химического строения в органической химии.** Всесоюзное совещание 14—14 июня 1951 г. Стенографический отчет (Отделение химических наук). 1952. 440 стр.

**Труды Геофизического института № 14/141.** Сборник статей. 1952. 94 стр. с илл.

**Фалькенштейн Б. Ю.** и **Виноградов Б. С.** Мышевидные грызуны, вредящие питомникам и лесонасаждениям и меры борьбы с ними. (Серия «В помощь работающим на ползащитных лесных полосах»). Зоологический Институт АН СССР. 1952. 32 стр.

**Центральные черноземные области.** Физико-географическое описание. Институт географии АН СССР. 1952. 157 стр.

**Шамрай Ф. И.** Литий и его сплавы (Институт общей и неорганической химии имени

Н. С. Курнакова АН СССР). 1952. 280 стр. с илл., 1 вкл.

### ГЕОГРАФИЗ

**Марков К. К.** Палеогеография (историческое землеведение). 1951. 274 стр.

**Открытия русских землепроходцев и полярных мореходов XVII века на Северо-Востоке Азии.** Сборник документов. 1951. 617 стр.

### ИЗДАТЕЛЬСТВО ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

**Камерон Е. Н., Джанс Р. Г., Мак-Нейр А. Г. и Шейдж Л. Р.** Внутреннее строение гранитных пегматитов. Перевод с английского М. А. Заварицкой, под редакцией и с предисловием академика А. Н. Заварицкого. 1951. 146 стр.

**Радиоактивный распад и медицина.** Перевод с английского. 1951. 387 стр.

**Ферми Э.** Ядерная физика. Перевод с английского. 1951. 341 стр.

**Методы анализа органических соединений.** Сборник. Перевод с английского. 1951. 445 стр.

*АДРЕС РЕДАКЦИИ: Москва, Пятницкая, 48, тел. В 1-54-61*

Подписано к печати 22/IV—1952 г. Т-03425. Формат 82×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печ. л. 13,52+4 вклейки. Уч.-изд. л. 13. Бум. л. 4. Тираж 30 000 экз. Заказ № 168

2-я тип. Издательства Академии Наук СССР. Москва, Шубинский пер., д. 10

7 руб.