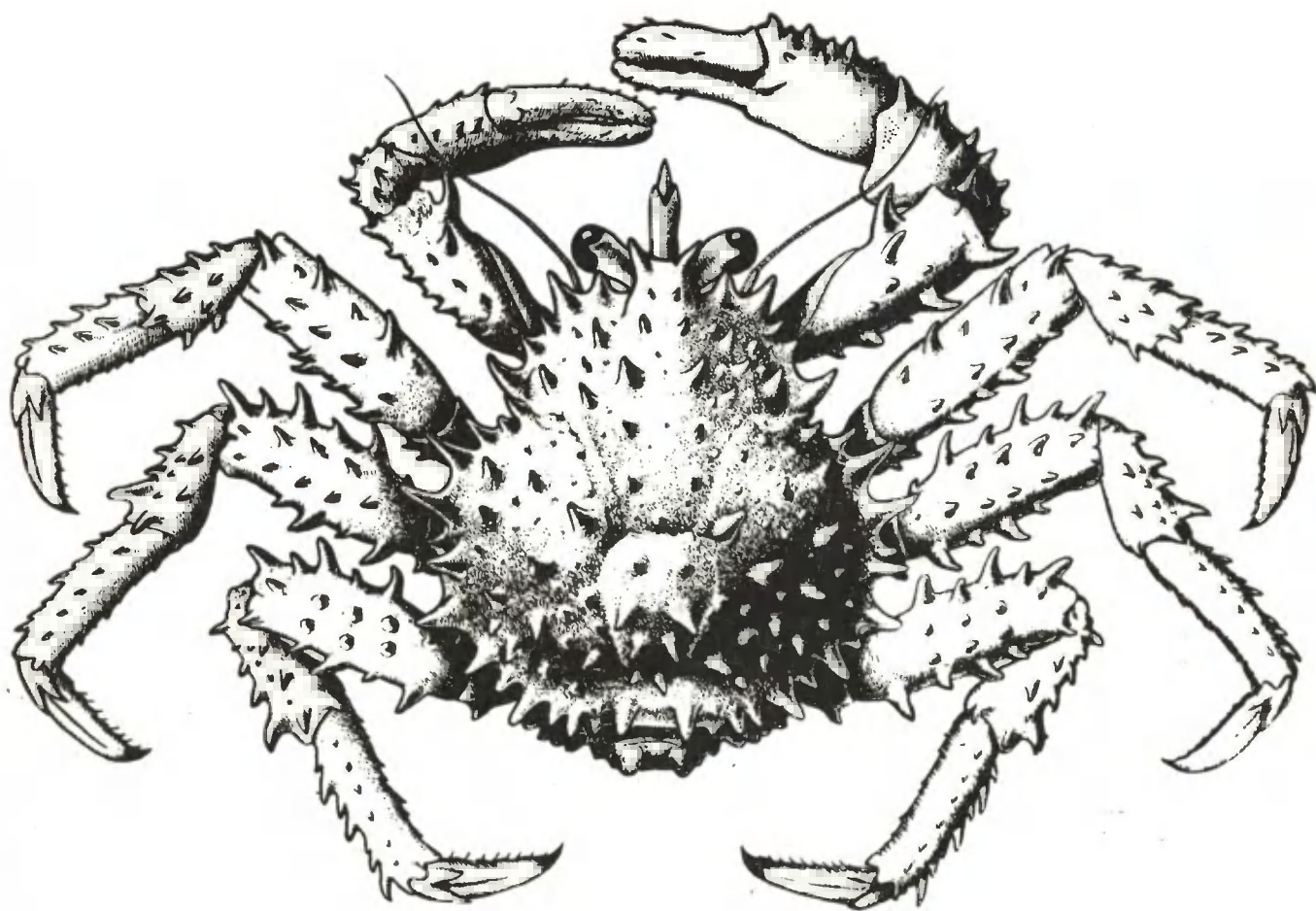


# ПРИРОДА



7 1968



# ПРИРОДА

7

1968

Ежемесячный популярный  
естественнонаучный журнал  
Академии наук СССР  
Основан в 1912 году  
Издательство «Наука», Москва

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор академик Н. Г. БАСОВ  
Академик Б. Л. АСТАУРОВ (зам. главного редактора)  
Доктор биологических наук А. Г. БАННИКОВ  
Академик А. И. БЕРГ  
Академик А. П. ВИНОГРАДОВ  
Член-корреспондент АН СССР Б. Н. ДЕЛОНЕ  
Член-корреспондент АН СССР Л. А. ЗЕНКЕВИЧ  
Доктор физико-математических наук С. П. КАПИЦА  
Академик Б. М. КЕДРОВ  
Член-корреспондент АН СССР В. Л. КРЕТОВИЧ  
Академик И. К. КИКОИН  
Доктор физико-математических наук Б. В. КУКАРКИН  
Доктор философских наук Г. А. КУРСАНОВ  
Доктор географических наук К. К. МАРКОВ  
Доктор философских наук Н. Ф. ОВЧИННИКОВ  
Академик В. В. ПАРИН  
В. М. ПОЛЫНИН (отв. секретарь)  
Доктор геолого-минералогических наук Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ (зам.  
главного редактора)  
Доктор геолого-минералогических наук М. А. ФАВОРСКАЯ  
Кандидат технических наук А. С. ФЕДОРОВ (зам. главного редак-  
тора)  
Доктор биологических наук К. К. ФЛЕРОВ  
Доктор биологических наук А. Н. ФОРМОВ  
Академик Г. М. ФРАНК  
Доктор физико-математических наук Д. А. ФРАНК-КАМЕНЕЦКИЙ  
(зам. главного редактора)  
Член-корреспондент АН СССР В. Е. ХАИН  
Академик Н. В. ЦИЦИН  
Доктор географических наук Л. А. ЧУБУКОВ  
Кандидат физико-математических наук Н. В. ШЕБАЛИН  
Доктор биологических наук А. В. ЯБЛОКОВ

На первой странице обложки: двухгодовалый малек  
камчатского краба (см. ст. Л. Г. Виноградова «Камчат-  
ское стадо крабов»)

Рис. Н. Н. Кондакова

На второй странице обложки: птенец кроншнепа вы-  
лупился из яйца

Фото В. Арбузова

Художественный редактор В. Е. Валериус  
Технический редактор Д. И. Скляр  
Корректоры Р. Н. Сидорина, И. К. Шатуновская  
Подписано к печати 5/VII-1968 г. Т-08852  
Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub> Печ. л. 8+1 вклейка (Усл. печ. л. 13,44).  
Уч.-изд. л. 17,1 Бум. л. 4  
Тираж 41 000 экз. Зак. 464

2-я типография издательства «Наука», Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

## В номере

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Астрофизика космических лучей. В. Л. Гинзбург . . . . .                       | 2  |
| Стерилизация вредных насекомых. Б. И. Рукавишников . . . . .                  | 13 |
| Метеориты создали рельеф Луны. А. К. Мухамеджанов, К. П. Станюкович . . . . . | 26 |
| Географические прогнозы. Ю. Г. Саушкин . . . . .                              | 35 |
| Камчатское стадо крабов. Л. Г. Виноградов . . . . .                           | 43 |
| «Борозды» земной коры. Е. Д. Сулиди-Кондратьев, В. В. Козлов . . . . .        | 51 |
| Сополимеры. А. Е. Чучин . . . . .                                             | 62 |

## Научные сообщения

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Новое об аминокислотном коде. М. М. Гареев, К. Л. Гладили . . . . .               | 71 |
| Лавовый поток перекрыл русло Тигра. А. Б. Галактионов . . . . .                   | 74 |
| Нефть страны кенгуру. З. Я. Кравчинский . . . . .                                 | 75 |
| Страна «лунных гор». Г. Е. Чистяков . . . . .                                     | 76 |
| Усиление физических возможностей человека. Е. П. Коструб, Ф. В. Романов . . . . . | 78 |
| Фареро-Исландский порог. Б. Н. Котенев . . . . .                                  | 81 |
| Диоскорейя Кавказская. Д. К. Гибца . . . . .                                      | 82 |

## Охрана природы

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Озеро Ханка. Н. Н. Поливанова . . . . .        | 84 |
| Алма-Атинский заповедник. Х. Жунусов . . . . . | 87 |

## Экспедиции, путешествия

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| Извержение Олдоньо Ленган. А. В. Горячев . . . . . | 88 |
|----------------------------------------------------|----|

## Дискуссии

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Доколумбовы контакты с Америкой. Тур Хейердал . . . . . | 93 |
|---------------------------------------------------------|----|

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| Новости науки . . . . . | 100 |
|-------------------------|-----|

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| По страницам научных журналов . . . . . | 110 |
|-----------------------------------------|-----|

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| Заметки, наблюдения . . . . . | 113 |
|-------------------------------|-----|

|                 |     |
|-----------------|-----|
| Книги . . . . . | 116 |
|-----------------|-----|

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| Редакционная почта . . . . . | 123 |
|------------------------------|-----|

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Календарь природы . . . . . | 125 |
|-----------------------------|-----|

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| В конце номера . . . . . | 128 |
|--------------------------|-----|

# Астрофизика космических лучей

Академик В. Л. Гинзбург



Виталий Лазаревич Гинзбург, лауреат Ленинской и Государственной премий, заведует сектором теоретической физики Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. Он автор более 200 научных статей и монографий, в числе которых: «Распространение электромагнитных волн в плазме» (1-е издание в 1960 г., 2-е издание в 1967 г.), «Происхождение космических лучей», 1963 г. (совместно с С. И. Сыроватским), «Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии», 1965 (совместно с В. М. Аграновичем), В. Л. Гинзбургу принадлежат важные результаты в теории эффекта Вавилова — Черенкова, теории сверхпроводимости и сверхтекучести, теории магнито-тормозного излучения и в теории происхождения космических лучей.

За пятьдесят лет, прошедшие со времени открытия космических лучей, наука о них проделала огромный, полный блистательных открытий путь. Этот путь разделен на две примерно равные части второй мировой войны.

Интересно, что война послужила как бы водоразделом в развитии ряда областей астрономии и физики. Но сегодня я буду говорить лишь об астрономии. До войны астрономия, по крайней мере наблюдательная, в значительной мере развивалась по старым рельсам. Оптический метод был доминирующим и, можно сказать, монопольным. Это ни в какой мере не умаляет заслуг астрономов и физиков, работавших в тот период. Далекий сейчас для нас 1917 год был годом рождения релятивистской космологии Эйнштейна, сыгравшей выдающуюся роль в дальнейшем развитии физики и астрономии. Как известно, значительный шаг в развитии релятивистской космологии несколько позже был сделан в нашей стране А. А. Фридманом.

Второй период — после второй мировой войны — характерен внедрением новых методов в астрономии. Был бы невежеством не понимать, что внедрение любых новых методов не умаляет роли оптического метода. Это совершенно очевидно, и все же чрезвычайно характерной чертой нашего времени стало появление целой серии, целой гаммы новых каналов астрономических наблюдений. Появились радиоастрономия, рентгеновская и гамма-астрономия, инфракрасная и ультрафиолетовая астрономия, а также оптическая астрономия на спутниках. В астрономии начинают развиваться прямые методы исследования небесных объектов, наиболее ярким примером чего стала недавняя мягкая посадка советской автоматической станции на Венеру. В этом году впервые удалось получить некоторые данные о потоке нейтрино от Солнца. И, наконец, большой вклад в астрономию вносит изучение космических лучей.

Здесь я буду рассказывать о той области, которую можно назвать астрофизикой космических лучей. Название говорит само за себя — это вопрос о роли и свойствах космических лучей во Вселенной. Космические лучи, как уже упоминалось, были открыты более 50 лет назад.

Их открытие состояло в установлении того факта, что некоторое проникающее излучение приходит из космоса. Но ни о какой астрофизике космических лучей говорить не приходилось. Дело в том, что долгое время изучались в основном вторичные космические лучи, а не первичные, изучались в атмосфере, а не над атмосферой, как это необходимо для астрофизических исследований. Кроме того, длительное время космическими лучами интересовались главным образом в плане задач физики элементарных частиц. Известно, как много было

<sup>1</sup> Доклад на юбилейной сессии Отделения общей и прикладной физики АН СССР, посвященной пятидесятилетию Великой Октябрьской социалистической революции.

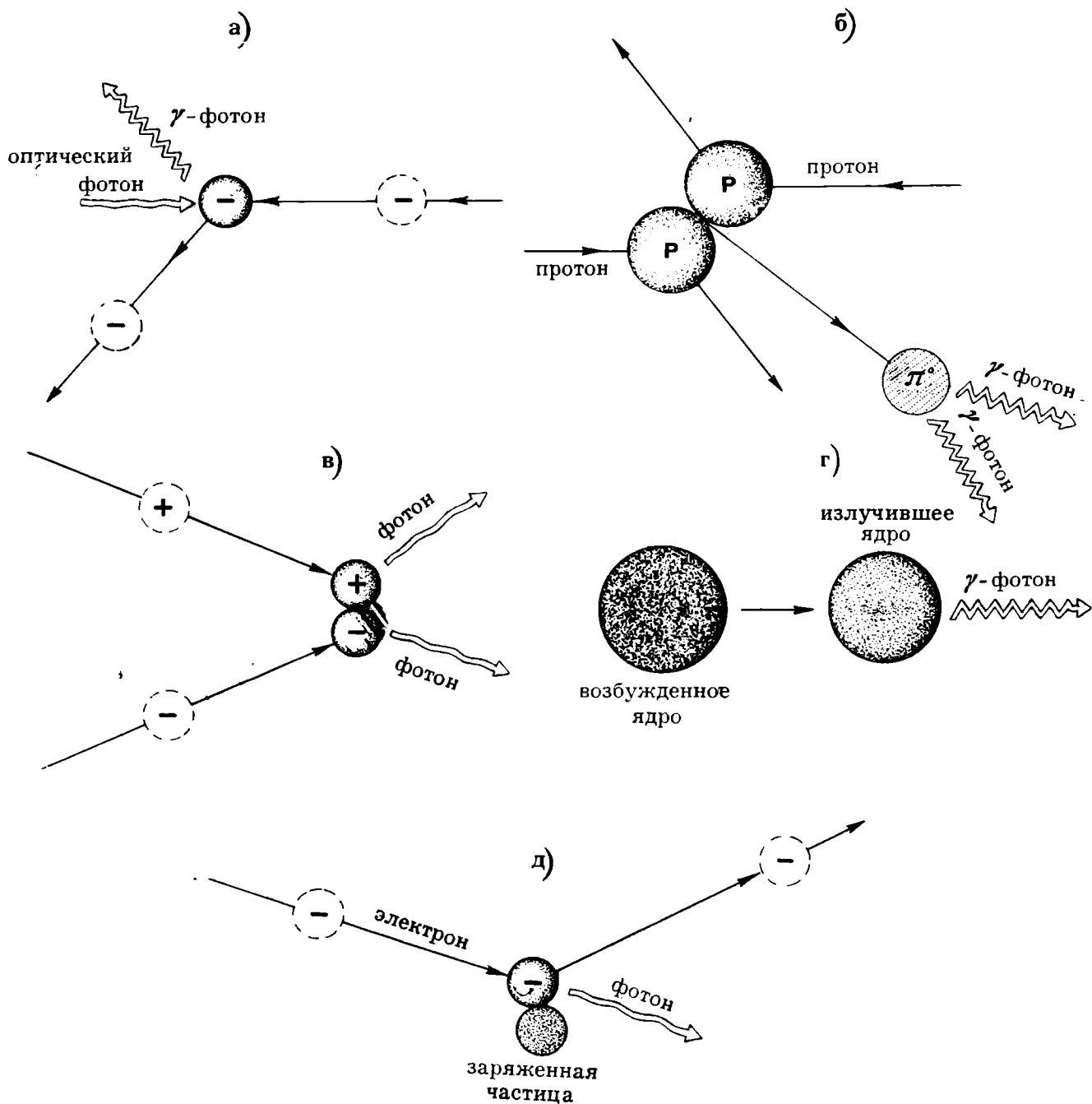


Рис. 1. Процессы, при которых образуются  $\gamma$ -лучи: а — рассеяние электрона на фотоне (комптонов-эффект); б — столкновение космических лучей (протонов) между собой с рождением  $\pi^0$ -мезона и последующим распадом его на два  $\gamma$ -фотона; в — аннигиляция пары электрон-позитрон; г — излучение, возникающее при возбуждении атомного ядра; д — тормозное излучение при столкновении электрона с заряженной частицей

в этом направлении сделано. Но за последние 15—20 лет создано некоторое новое направление, названное выше астрофизикой космических лучей. Оно играет большую роль, и это связано с двумя фундаментальными обстоятельствами.

Первое обстоятельство состоит в том, что космические лучи — это совершенно универсальное явление. Космические лучи ускоряются практически в космосе везде: около Земли — в радиационных поясах (правда, это космические лучи малых энергий); мы уверенно знаем, что космические лучи ускоряются на Солнце; нет никаких сомнений, что космические лучи ускоряются и на других звездах, хотя прямых данных для обычных звезд почти нет. Космические лучи, т. е. релятивистские заряженные частицы, заведомо ускоряются при вспышках Сверхновых звезд. Они ускоряются в галактиках, в радиогалактиках, в квазарах, о чем мы можем судить по синхротронному излучению. Эта универсальность с современной точки зрения совершенно понятна, потому что космос, за некоторыми исключениями, благодаря одному из которых мы здесь находимся, представляет собой плазму. В плазме практически всегда происходит целый ряд процессов, приводящих к тому, что ничтожная доля имеющихся в ней частиц ускоряется. Это происходит вследствие различных неустойчивостей, которые имеют место при движениях в плазме. Речь идет о тех неустойчивостях, которые сейчас мешают осуществить управляемые термоядерные реакции. В космосе они автоматически и приводят к тому, что какая-то очень небольшая доля частиц ускоряется, «отрывается» от всех других частиц.

Как велика эта доля? Мы знаем, что плотность частиц около Земли в солнечном ветре составляет одну — девять частиц в кубическом сантиметре, а концентрация космических лучей у Земли — это примерно  $10^{-10}$  см<sup>3</sup>, что на десять порядков меньше. Но эти частицы благодаря их огромной энергии играют совершенно другую роль, чем мягкие частицы солнечного ветра. Энергия, которая встречается в космических лучах, доходящих до Земли, больше чем  $10^8$  эв, а вообще в космических лучах наблюдаются частицы с энергией до  $10^{20}$  эв. Серпуховской ускоритель, который только что пущен и который является сейчас самым большим в мире и останется таковым на довольно длительный период, ускоряет частицы до энергий лишь в  $7 \cdot 10^{10}$  эв. Здесь разрыв фантастический, и никаких проектов ускорителей, которые могли бы заполнить весь этот диапазон, нет. Максимальная энергия для ускорителей, которые реально проектируются в нашей стране (и во всем мире), —  $10^{12}$  эв.

То, что космические лучи оказываются таким универсальным феноменом, и делает их источником многогранной астрофизической информации, поскольку с ними связаны разнообразные процессы в космосе, сведения о которых они приносят. Прежде всего, речь идет о магнито-тормозном или, по другой терминологии, синхротронном излучении, которое принимается радиоаппаратурой.

Значительная часть результатов, полученных в радиоастрономии, связана с этим излучением.

Но синхротронным излучением далеко не исчерпываются «каналы», по которым можно получать данные о Вселенной благодаря космическим лучам. Перечислим некоторые другие, менее использованные и менее популярные способы получения информации. Раньше всего укажем здесь на так называемый комптон-эффект (рис. 1а). Релятивистские электроны, рассеиваясь на фотонах излучения звезд и на фотонах того реликтового теплового фона с температурой  $3^\circ$  К, который был открыт в 1965 г.<sup>1</sup>, дают рентгеновские и  $\gamma$ -лучи. Таким образом, источником этих излучений оказываются в значительной мере те же космические лучи.

Третий процесс — это результат столкновения космических лучей между собой ( $p + p \rightarrow p + p + \pi^0 \rightarrow p + p + \gamma + \gamma$ ). Для простоты здесь упоминаются протоны  $p$ , хотя это совершенно необязательно; на их место можно подставить любые другие нуклоны и ядра. При таких столкновениях рождаются, в частности,  $\pi^0$ -мезоны, каждый из которых быстро распадается на два  $\gamma$ -кванта (рис. 1б). Если эти жесткие  $\gamma$ -фотоны образуются не слишком далеко от Земли (в космологическом смысле), то они обладают энергией, большей примерно 50 Мэв.

Интересен и другой канал возникновения  $\gamma$ -фотонов — аннигиляция электронов с позитронами. При аннигиляции такой пары медленных частиц возникает монохроматический квант с энергией 0,51 Мэв (рис. 1в). Их надо отличать от ядерных  $\gamma$ -лучей с близкой по величине энергией кванта (рис. 1г) и от  $\gamma$ -квантов, образующихся при столкновении электрона с заряженной частицей (рис. 1д).

Возможно, наконец, и рождение космическими лучами нейтрино, но об этом мы здесь говорить не будем.

Итак, первая характерная черта космических лучей — это их универсальность и способность благодаря этому быть источником разнообразной информации о космосе. Но есть вторая сторона дела, как мы теперь понимаем, не менее важная: космические лучи являются во Вселенной исключительно важным энергетическим и динамическим фактором. В самом деле, около Земли плотность энергии космических лучей —  $w_{\text{к.л.}}$  составляет  $\sim 10^{-12}$  эрг/см<sup>3</sup>. Вдали от Земли она, вероятно, раза в три больше, потому что солнечный ветер и различные магнитные поля в солнечной системе препятствуют приходу медленных частиц. Если мы приравняем плотность энергии космических лучей к плотности энергии магнитного поля

$$w_{\text{к.л.}} = \frac{H^2}{8\pi},$$

то увидим, что получаемая из этого выражения напряженность магнитного поля  $H \simeq 10^{-5}$  эрстед, что соответствует известной нам величине реальных магнитных

<sup>1</sup> «Природа», 1966, № 11, стр. 54—62.

полей в Галактике. Большая величина плотности энергии космических лучей является следствием того, что, хотя частиц космических лучей мало, энергия каждой частицы колоссальна — в среднем около  $10^{10}$  эв, т. е.  $10^{-2}$  эрг. Концентрация межзвездного газа — еще одного ингредиента космического пространства — на  $10 \div 12$  порядков больше концентрации космических лучей, но средняя плотность кинетической энергии хаотического движения частиц межзвездного газа оказывается меньшей или в других областях Галактики примерно равной плотностям энергии магнитного поля и космических лучей. Давление космических лучей, их полная энергия, — это настолько существенный фактор, что в ряде случаев он может конкурировать с гравитацией. По существу монополия гравитации в космосе сейчас уже в этом смысле ликвидирована, потому что давление и энергия космических лучей в самых интересных, «бурных» областях могут доминировать над силами и энергией гравитации.

Таким образом, ясно, что космические лучи играют очень большую роль. Лет двадцать назад в числе важнейших космических факторов вряд ли были бы даже упомянуты космические лучи. Сейчас положение изменилось. Например, один из крупнейших современных астрономов Ян Оорт начал свой доклад на предпоследнем съезде Международного астрономического союза так: «Галактика, в которой мы живем, состоит из трех ингредиентов — межзвездного газа, звезд и космических лучей». Итак, вопрос сейчас решен, и то, что космические лучи играют столь большую роль, ясно для всех работающих в этой области. Но я не рассчитывал на чисто астрономическую аудиторию и поэтому вкратце осветил положение.

Были все основания поставить настоящий доклад на Юбилейной сессии, потому что астрофизика космических лучей в нашей стране развивалась достаточно интенсивно. Однако ни о каком изолированном от других стран изучении космических лучей в СССР не приходится говорить. Это часть общего процесса развития науки, в котором, насколько я могу судить, ученые Советского Союза занимают хорошее место. Но я не могу здесь назвать одно-два имени, которым мы обязаны созданием астрофизики космических лучей. Это коллективный труд, как бывает очень часто. Более того, мой опыт показывает, что когда выдвигают какое-то одно имя, то это, за некоторыми исключениями, обычно бывает либо плодом плохой информированности, либо искажением истины, либо тем, что на английском языке называется «adapted by repetition» (принято в результате неоднократного повторения).

Как по причинам, которые я изложил, так и потому, что мне было бы трудно как одному из участников работы объективно излагать кто что сделал, в нижеследующем кратком обзоре нет никаких имен.

Сейчас я бы хотел очень сжато остановиться на тех ре-

зультатах, которые, собственно, составляют астрофизику космических лучей<sup>1</sup>.

Прежде всего коснемся исследования космических лучей у Земли. У земли можно с помощью наземной аппаратуры, на баллонах, ракетах и спутниках исследовать химический состав космических лучей, их энергетический спектр и анизотропию. Кроме того, можно получить сведения об электронно-позитронной компоненте космических лучей (см. примечание).

Будущее в области изучения космических лучей несомненно принадлежит спутникам. Спутник обладает колоссальным преимуществом по сравнению с любым прибором, который находится на поверхности Земли или в ее атмосфере. Но со спутниками работать еще очень трудно. Например, один из основных методов фиксации космических лучей — фотоэмульсионный. Но эмульсия должна поступить в лабораторию, т. е. быть возвращена на Землю. Конечно, возврат аппаратуры со спутников осуществляется, но это нелегко. Поэтому до сих пор высотные баллоны, запускаемые в верхнюю атмосферу на такую высоту, что над ними остается слой воздуха всего в  $2-4$  г/см<sup>2</sup>, конкурируют со спутниками и в какой-то мере будут конкурировать еще длительное время. Сейчас созданы большие и хорошие баллоны, и исследования космических лучей на них связаны почти целиком с эмульсионным методом. Таким образом, соревнование между баллонами и спутниками продолжается.

Начнем с вопроса об анизотропии. Мерой анизотропии является разность между максимальной по направлению интенсивностью космических лучей и минимальной, деленная на сумму этих интенсивностей

$$\delta = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

#### Примечание

Масса столба земной атмосферы площадью  $1$  см<sup>2</sup> равна примерно  $1$  кг. Такой воздушный фильтр, с точки зрения прохождения через него различных излучений, эквивалентен слою воды толщиной около  $10$  м. Длина свободного пробега частиц, входящих в состав первичных космических лучей, меньше  $1$  м воды (т. е. меньше  $100$  г/см<sup>2</sup>). Значит, атмосфера является толстым фильтром для первичных космических лучей и до земной поверхности эти лучи практически не доходят. Даже в высоких горах положение существенно не меняется и первичные частицы составляют лишь небольшую долю от всего потока космических лучей. Поэтому изучать первичные космические лучи, которые только и будут нас интересовать, возможно, в основном, лишь поднимая приборы на большую высоту.

<sup>1</sup> Подробно изложено в книге: В. Л. Гинзбург. Космические лучи у Земли и во Вселенной. Изд-во «Наука», 1967.



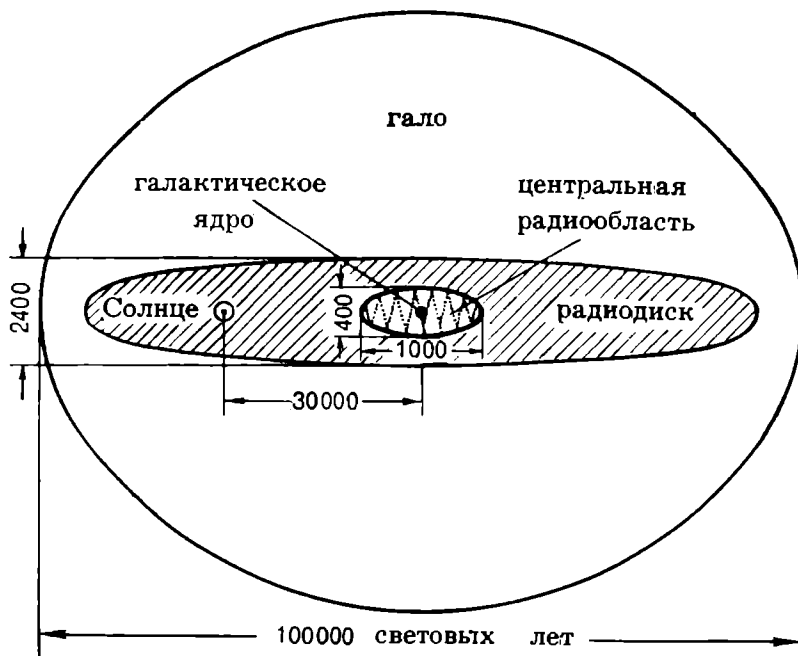


Рис. 2. Схематическое изображение Галактики в радиолучах метрового диапазона. Масштаб на рисунке не выдержан; все размеры указаны в световых годах и имеют ориентировочное значение

Параметр  $\delta$  есть характеристика того, насколько поразному приходят космические лучи с различных направлений. Мы знаем, что эта величина меньше одного процента, а в ряде случаев и еще значительно меньше. Таким образом, можно с уверенностью считать, что космические лучи в высокой степени изотропны.

Поэтому если бы не было других методов наблюдения, вроде приема синхротронного и других излучений, если бы дело ограничивалось только изучением первичных космических лучей, то наша информация о них была бы крайне скудна. В самом деле, много ли можно извлечь, когда вы получаете перемешанное суммарное излучение от всех источников вместе? Ясно, что некоторые заключения можно сделать и из этого, но далеко пойти нельзя.

Изотропия космических лучей связана с двумя обстоятельствами. Во-первых, частицы космических лучей, блуждая в магнитных полях нашей Галактики, закручиваются и движутся по сложным путям. Например, радиус кривизны траектории протона с энергией  $10^{10}$  эв в поле  $10^{-6}$  эрстед равен  $3 \cdot 10^{13}$  см, в то время как расстояние до ближайшей звезды  $4 \cdot 10^{18}$  см, а размер Галактики  $3 \div 5 \cdot 10^{22}$  см. Таким образом, галактическое магнитное поле достаточно сильно, чтобы «перемещивать» космические лучи. Второе обстоятельство связано с плазменными явлениями. Если бы имелась существенная анизотропия космических лучей, т. е. релятивистской плазмы, то при учете плазменных явлений в пучке космических лучей возникали бы неустойчивости, которые привели бы к изотропизации космических лучей.

Как сказано, анизотропия очень мала. Это отнюдь не означает, однако, что анизотропия не представляет интереса. Наша Галактика в радиолучах очень символически может быть изображена, как на рис. 2.

Наиболее вероятно, что космические лучи образуются в нашей Галактике. Если это так, то какая-то диффузия космических лучей из Галактики должна иметь место. Другими словами, если концентрация космических лучей вне Галактики меньше, чем в Галактике, то какой-то диффузионный поток неизбежен. Если бы, наоборот, космические лучи из Метагалактики втекали в Галактику, то поток имел бы другой знак. Это приводит к тому, что некоторая анизотропия, порядка десятых или сотых процента, должна наблюдаться, и знать эту анизотропию и ее знак чрезвычайно важно. Здесь есть свои сложности, связанные с учетом местных магнитных полей вблизи солнечной системы. Тем не менее несомненно, что изучение анизотропии в зависимости от энергии и от атомного веса частиц (здесь нужна большая точность) является интересной и важной задачей.

Следующий вопрос — энергетический спектр космических лучей. В весьма широком интервале он оказывается степенным, т. е. интенсивность частиц с энергией большей  $E$ :

$$I(>E) = KE^{-(\gamma-1)}$$

На рис. 3 показан этот спектр. При не очень высоких энергиях интенсивность убывает по указанному закону с  $\gamma = 2,6$ , а затем, при энергиях выше  $10^{15}$  эв, уже  $\gamma = 3,1$ . Этот излом обнаружен в результате работ совет-



ских авторов. Далее, при энергиях выше примерно  $10^{18}$  эв, по предварительным данным, значение  $\gamma$  вновь уменьшается, причем  $\gamma \approx 2,6$ . Если частицами с энергией  $E > 10^{18}$  эв окажутся протоны, то радиус кривизны их пути будет сравним или даже превысит размеры Галактики. Следовательно, весьма вероятно, что это уже метagalактические частицы. Здесь мы встречаемся с единственным примером непосредственного переноса на Землю, или во всяком случае в ее атмосферу, вещества из Метagalактики, т. е. вещества из других галактик, и в частности из радиогалактик.

Изучение этой далекой, связанной с наиболее высокими энергиями части спектра космических лучей очень интересно. Один из важных моментов заключается в том, что спектр космических лучей должен практически обрываться при энергии в  $10^{20}$  эв, что не противоречит наблюдениям. Дело в том, что когда космическая частица проходит огромные расстояния в межгалактическом пространстве, вероятность ее встречи с одним из фотонов реликтового теплового излучения, заполняющего это пространство, очень велика. Если к тому же энергия частицы больше  $10^{20}$  эв, то при ее столкновении с таким фотоном, который в системе отсчета, связанной, скажем, с Землей, обладает энергией всего около  $10^{-3}$  эв, происходит рождение  $\pi^{\pm}$ - и  $\pi^0$ -мезонов. За счет рождения этих новых частиц возникает достаточно сильное трение, т. е. торможение космических частиц, которое практически «обрезает» спектр.

Частицы сверхвысоких энергий очень редки. Частица с энергией большей  $10^{19}$  эв должна приходить на  $1 \text{ м}^2$  земной поверхности в среднем один раз за 2000 лет или даже еще несколько реже. Поэтому методы их обнаружения довольно сложны. Сейчас в Австралии построена специальная установка, на которой в течение одного-двух лет можно будет проверить, действительно ли имеет место «обрезание» спектра, а также изучить характер этого «обрезания».

Хочу отметить здесь интересный для истории пример некоей научной слепоты. Речь идет о непонимании роли космических лучей высоких энергий для изучения элементарных частиц. Ведь самая большая энергия, получаемая на ускорителях, это  $7 \cdot 10^{10}$  эв; проектируется <sup>1</sup>,

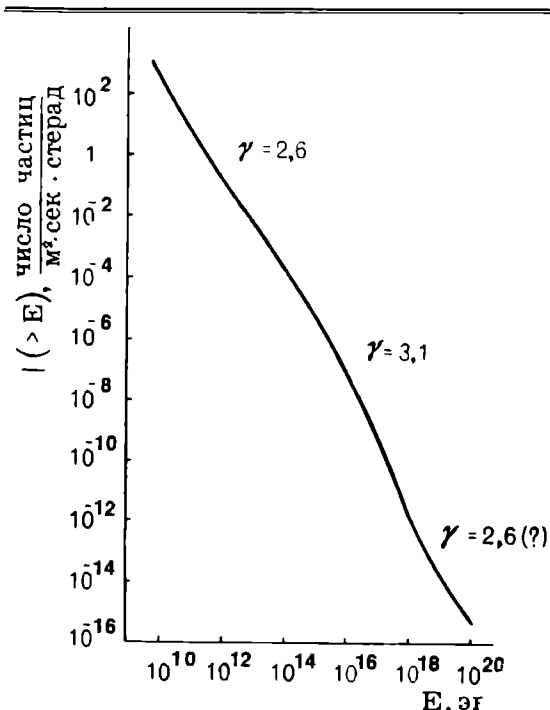


Рис. 3. Энергетический спектр космических лучей во Вселенной, по различным данным

но не известно, когда будет осуществлено получение на ускорителях частиц с энергией  $10^{12}$  эв, а в космических лучах уже сейчас есть частицы с энергией до  $10^{20}$  эв. Правда, для научных исследований использование частиц с энергией  $10^{20}$  эв нереально, так как такие частицы встречаются уж слишком редко. Но частица с энергией  $10^{15}$  приходит на квадратный метр детектора (а это вполне реальные размеры) один раз за три дня. Это редко, это очень редко, но попробуйте получить такую частицу другими методами! Отсюда следует, что использование космических частиц с энергиями до  $10^{15}$  эв для исследований в физике элементарных частиц, в опытах, проводимых на спутниках, является весьма перспективным.

За отсутствием времени я не буду останавливаться на спектре космических лучей малых энергий, хотя этот вопрос чрезвычайно интересен для физики Солнца.

Таблица 1

Химический состав космических лучей

Химический состав космических лучей у Земли.  $Z$  — заряд ядра;  $A$  — средний атомный вес;  $I$  — число частиц, падающих на площадь в  $1 \text{ м}^2$  в телесном угле в один стерадиан за одну секунду;  $N$  — число частиц в единице объема. В последних двух столбцах дана средняя распространенность атомов во Вселенной по различным данным

| Группа ядер | $Z$       | $A$ | $I$  | $AI$ | $\frac{I}{I_H} = \frac{N}{N_H}$ | Во Вселенной (в среднем) |           |
|-------------|-----------|-----|------|------|---------------------------------|--------------------------|-----------|
| $p$         | 1         | 1   | 1300 | 1300 | 650                             | 3360                     | 6830      |
| $\alpha$    | 2         | 4   | 94   | 376  | 47                              | 258                      | 1040      |
| $L$         | 3—5       | 10  | 2,0  | 20   | 1,0                             | $10^{-5}$                | $10^{-5}$ |
| $M$         | 6—9       | 14  | 6,7  | 94   | 3,3                             | 2,64                     | 10,1      |
| $H$         | $\geq 10$ | 31  | 2,0  | 62   | 1,0                             | 1                        | 1         |
| $VH$        | $\geq 20$ | 51  | 0,5  | 25   | 0,26                            | 0,06                     | 0,05      |

<sup>1</sup> «Природа», 1968, № 4, стр. 8—15.

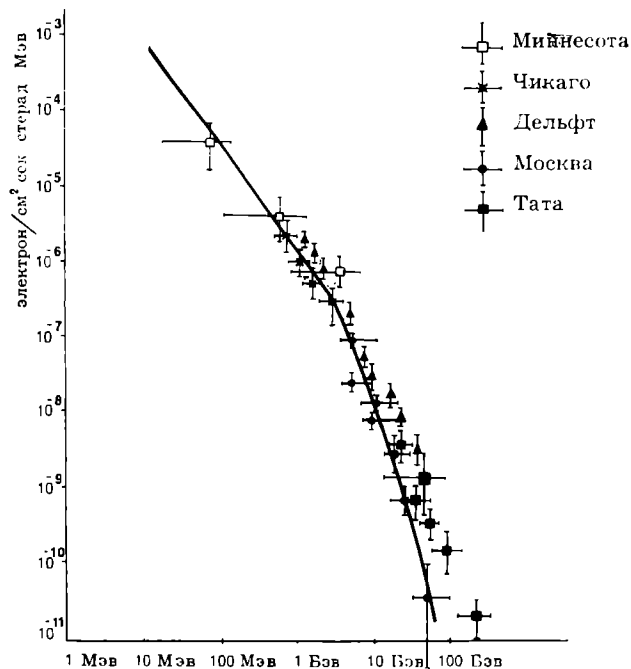


Рис. 4. Форма энергетического спектра электронной компоненты космических лучей

Следующая проблема — химический состав (см. табл.). Изучение химического состава космических лучей показывает, что он в некоторых пунктах радикально отличается от среднего химического состава вещества во Вселенной. Например, в космических лучах содержание Li, Be, B на пять порядков больше, чем в среднем во Вселенной. Чем это может объясняться? Дело в том, что более тяжелые элементы, блуждая в межзвездном пространстве, претерпевают ядерные реакции, и в силу этого в космических лучах появляются редкие легкие элементы. Толща того вещества, которая нужна, чтобы получить наблюдаемый спектр, составляет примерно три грамма на квадратный сантиметр. Такая толща уже радикально меняет химический состав. С другой стороны, она равна скорости космических лучей, умноженной на плотность вещества в космосе и на время блуждания. Если частицы релятивистские, т. е. их скорость близка к скорости света в пустоте ( $c = 3 \cdot 10^{10}$  см/сек), и если мы знаем плотность вещества в той области, где блуждают космические лучи, то мы можем оценить время блуждания. Средняя концентрация газа в Галактике — около одной частицы на  $100 \text{ см}^3$ , что составляет плотность порядка  $2 \cdot 10^{-26} \text{ г/см}^3$ . Так мы получаем для времени блуждания примерно  $10^{16} \text{ сек} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ лет}$ . Итак, космические лучи блуждают в нашей Галактике около 300 млн лет.

Было бы очень интересно измерить время блуждания непосредственно. Такая возможность в принципе имеет-

ся. Существует радиоактивный изотоп Be<sup>10</sup>. Время жизни (период полураспада) этого изотопа  $4 \cdot 10^6$  лет. Если учесть релятивистское замедление времени, то в зависимости от полной энергии  $E$  частицы он живет  $4 \cdot 10^6 \cdot \frac{E}{Mc^2}$  лет. Таким образом, мы имеем в космосе часы.

В зависимости от процентного содержания Be<sup>10</sup> мы можем судить, долго или мало ядра блуждали в космосе. Таким образом можно непосредственно определять время блуждания. К сожалению, этот метод, по мнению специалистов, принесет плоды только еще через несколько лет экспериментальной работы.

Другой пример из химии космических лучей. Существуют два радиоактивных изотопа: плутоний-244 и юриий-247. Эти изотопы живут  $10^7 \div 10^8$  лет. Если бы удалось доказать присутствие таких изотопов в космических лучах, а экспериментаторы об этом сейчас думают, то удалось бы определить, когда и сколько рождается таких трансурановых элементов, скажем, в оболочке Сверхновых звезд.

В общем химия космических лучей очень перспективна. Исследования в этой области безусловно трудны, но я в науке большой оптимист: история науки дает для этого достаточно оснований.

Успех развития химии космических лучей зависит от поддержки ее «земной» или, точнее, ядерной химией. Дело в том, что химия космических лучей должна знать вероятности превращения одних элементов в другие. Это можно сделать при исследованиях на ускорителях. Работы такого типа на ускорителях идут медленно, сейчас они уже развертываются.

Следующий интересный раздел астрофизики космических лучей — изучение электронно-позитронной компоненты. Что она должна существовать, было ясно по крайней мере начиная с 1950—1951 гг. Но только в 1961 г. впервые нашли электроны в космических лучах. Это связано с тем, что их мало — порядка 1% от всех космических лучей. На рис. 4 показана форма спектра электронов в космических лучах. Начиная с энергии в 1—2 Бэв спектр становится более крутым. Такой излом, по всей вероятности, связан с тем, что электроны генерируются, скажем, в оболочках Сверхновых звезд с показателем  $\gamma \approx 1,5$ , а потом, в ходе тормозных и комптоновских потерь, показатель  $\gamma$  увеличивается, и это сходится с предположением, что время их жизни  $1 \div 3 \cdot 10^8$  лет.

В последнее время также удалось выяснить, что в космических лучах мало позитронов. По последним данным, отношение интенсивности позитронов  $I_{e^+}$  к интенсивности всей электронно-позитронной компоненты

$$\frac{I_{e^+}}{I_{e^+} + I_{e^-}} = (5 \pm 3)\%$$

Это значение относится к области энергий между 1 и 5 Бэв. В области меньших энергий относительное содержание позитронов повышается.

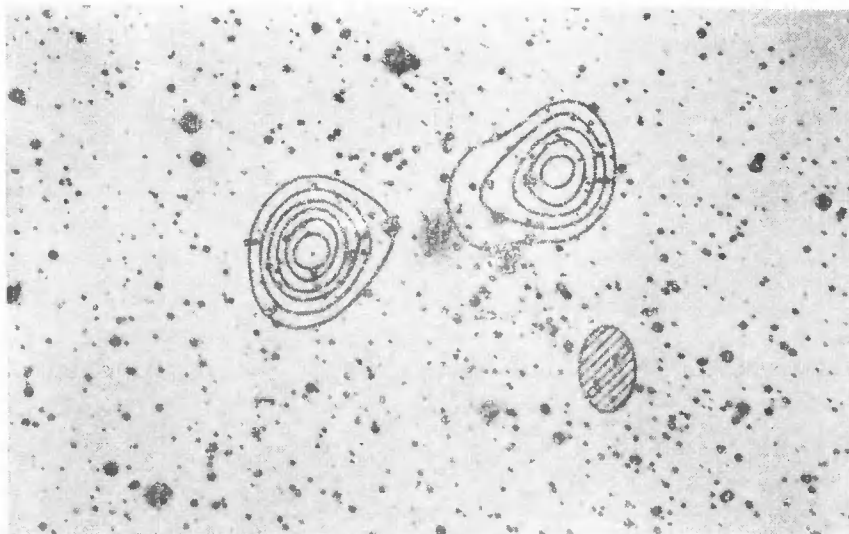


Рис. 5. Радиоконтурь галактики Лебедь А, наблюдавшиеся на волне 21 см, наложенные на фотографию в видимых лучах. Размеры радиолуча показаны эллипсом справа внизу

Значение радиоастрономии для астрофизики космических лучей состоит в том, что характеристики принимаемого синхротронного излучения несут информацию о порождающей это излучение электронной компоненте космических лучей. Конкретно: если интенсивность синхротронного излучения  $I$  зависит от частоты  $\nu$  по степенному закону  $I = A\nu^{-\alpha}$ , то спектральный индекс  $\alpha = \frac{\gamma-1}{2}$ , где  $\gamma$  — показатель степени в энергетическом спектре излучающих электронов (для интегрального спектра интенсивность  $I(>E) = KE^{-(\gamma-1)}$ ).

Таким образом, измеряя спектральный индекс  $\alpha$ , мы определяем спектр электронов в источнике, а, с другой стороны, по интенсивности синхротронного излучения — и их количество. Если предположить далее, что повсюду процентное содержание электронов такое же, что и вблизи Земли, то это дает возможность оценить общее количество частиц космических лучей в источнике. Этот метод широко применяется, и благодаря ему мы знаем, сколько космических лучей в разных областях, например в радиогалактике Лебедь А. В результате приходим к выводу, что в космических лучах мощных радиогалактик заключена энергия до  $10^{60} \div 10^{62}$  эрг. Это — фантастическая энергия, и если не говорить об энергии расширения всей Метагалактики, то это самое большое энерговыделение, которое встречается в природе. Вместе с тем для радиогалактик и квазаров, где излучение энергии в значительной мере происходит за счет космических лучей, эти лучи являются самыми интересными носителями информации, которую мы, хотя бы косвенно, получаем от источников.

Исключительно трудно выяснить, что делается в метагалактическом (межгалактическом) пространстве. Магнитные поля там очень слабы. Мы до сих пор не знаем концентрации межгалактического газа. Определение концентрации и температуры межгалактического газа —

одна из важнейших проблем современной астрофизики. Один интересный пример может продемонстрировать, какие возможности здесь открываются. Сейчас уже известно, что все межгалактическое пространство заполнено реликтовым радиоизлучением с температурой  $3^\circ \text{K}$  (плотность энергии  $6 \cdot 10^{-13}$  эрг/см<sup>3</sup>). Это излучение создает для релятивистских электронов такое же торможение, какое создавало бы магнитное поле с равной плотностью энергии. Но реальное магнитное поле в межгалактическом пространстве значительно слабее, поэтому торможение в магнитном поле ничего не дает и мы соответствующее синхротронное радиоизлучение не принимаем. А вот трение о тепловые фотоны должно давать рентгеновское излучение, и его можно было бы зафиксировать.

Существует наблюдаемый фон рентгеновского излучения, приходящего со всех сторон. Природа его, его происхождение доподлинно еще неизвестны, но если принять, что весь этот рентгеновский фон вызывается столкновением электронов с реликтовыми фотонами, то можно заключить, что в межгалактическом пространстве концентрация электронной компоненты космических лучей по крайней мере в тысячу раз меньше, чем внутри нашей Галактики. Отсюда следует, что те электроны, которые мы наблюдаем у Земли, заведомо должны были образоваться либо в нашей Галактике, либо в непосредственной близости от нее. Скорее всего, речь может идти только о самой Галактике.

Наша Галактика не является радиогалактикой — в радиодиапазоне она «нормальна». Но поскольку мы находимся внутри нее, то при ее изучении возникает ряд сложностей. Однако прогресс здесь идет быстро и появляются новые возможности исследования. Для иллюстрации на рис. 5 приведена известная радиогалактика Лебедь А, снятая на волне 21 см. Она выглядит как двой-

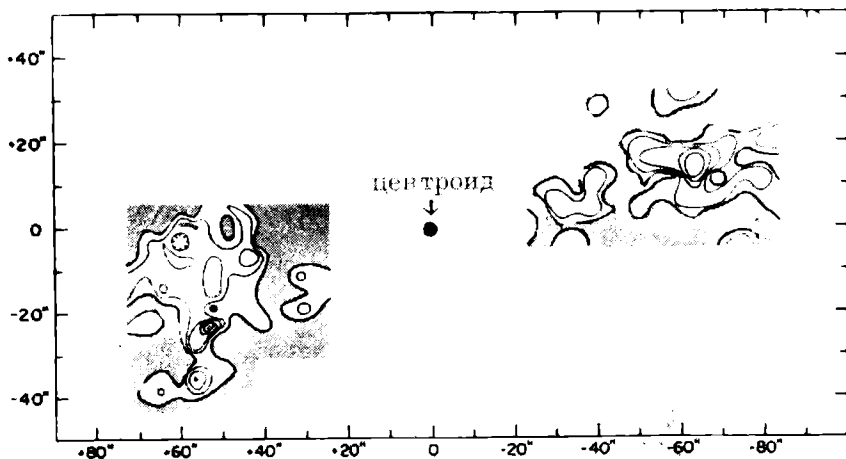


Рис. 6. То же, что и на рис 5, но на длине волны 11 см

ной источник с довольно определенными контурами. А на рис. 6 показана та же галактика, но уже «снятая» на волне 11 см с лучшим разрешением. На нем легко увидеть целый ряд деталей, которых нет на рис. 5. (Нужно, впрочем, отметить, что некоторые радиоастрономы сомневаются в достоверности результатов, отраженных на рис. 6; имеются, однако, и другие контурные карты, на которых для различных радиоисточников удается выявить мелкие детали.)

Любопытна галактика NGC 4501, показанная на рис. 7. По мнению профессора Моргана из Йоркской обсерватории (США), которого большинство астрономов считают крупнейшим авторитетом в области морфологии галактик, эта галактика наиболее близка по своему виду и структуре к нашей. Поэтому в каком-то смысле рис. 7 — это вид на нашу Галактику, если бы мы могли посмотреть на нее со стороны. А вот в радиолучах Галактика выглядит совершенно иначе (см. рис. 2). Остановимся только на одной детали. Сейчас заведомо известно, что если в оптике толщина яркого диска Галактики составляет  $200 \text{ пс} = 6 \cdot 10^{20} \text{ см}$ , то в радиодиапазоне она составляет 800 или даже больше парсек. По-видимому, имеется и более протяженная радиоизлучающая оболочка, или корона, потому что совершенно невероятно, чтобы на расстоянии в 400 пс от центральной плоскости существовала какая-то резкая граница.

Таким образом, Галактика в радиолучах выглядит значительно «менее дискообразной», чем в оптических. Но еще остается неясным, у всех ли галактик существует такая корона или, как чаще говорят, гало. У ближайшей к нам галактики М 31 (Большой туманности в созвездии Андромеды) твердо установлено присутствие гало. Я лично уверен, что почти у всех галактик есть гало, и разногласия здесь сводятся в основном к терминологии, к вопросу о размерах гало и т. д. Здесь нет возможности подробнее об этом говорить.

Остановимся теперь кратко на вопросе о происхождении космических лучей и на некоторых возможностях, открывающихся в этой области.

Самое простое предположение состоит в том, что наблюдаемые с Земли космические лучи, кроме самых высокоэнергичных, образуются в нашей Галактике, например в оболочках Сверхновых звезд, при взрывах в галактическом ядре и т. д. Мне кажется, что эта схема не встречает никаких трудностей. Общая энергия космических лучей в Галактике довольно велика (около  $10^{55} \div 10^{56} \text{ эрг}$ ), и для ее поддержания на неизменном уровне необходимо затрачивать  $10^{40} \div 10^{41} \text{ эрг/сек}$ , т. е. «впрыскивать» новые космические лучи с такой полной мощностью. Обычные звезды обеспечить это пополнение энергии не могут. Но энергетический баланс Сверхновых звезд таков, что подобное выделение энергии может иметь место.

В отношении электронной компоненты именно такое решение вопроса, по-видимому, не вызывает сомнений, так как электроны из межгалактического пространства прийти не могут, а из ближайших галактик их приход очень маловероятен. Следовательно, электронная компонента образуется внутри Галактики. В отношении протонной и ядерной компонент, которые составляют львиную долю космических лучей, имеются две точки зрения. Согласно одной из них, наиболее распространенной, протонно-ядерная компонента также образуется внутри Галактики при тех вспышках и взрывах, о которых мы уже упоминали. Все известные оценки показывают, что энергетический баланс при этом не нарушается. Однако отсутствие противоречий еще не может служить доказательством. Поэтому дискуссия о происхождении космических лучей продолжается.

Вторая точка зрения заключается в том, что космические лучи попадают в Галактику, и в частности в ок-



Рис. 7. Галактика NGC 4501. Она наиболее близка по своему виду и структуре к нашей Галактике

рестности Земли, из Метагалактики, что они вливаются в нашу Галактику, образуясь либо в радиогалактиках и квазарах, либо на ранних стадиях эволюции галактик. Мне такая гипотеза кажется крайне невероятной. Если космические лучи образуются в радиогалактиках в количестве, необходимом по этой схеме, то в космические лучи должна была бы переходить энергия, которая чуть ли не больше массы покоя этих галактик!

Нелегко также предположить, что космические лучи образовались в далеком прошлом. Сейчас известно, что средняя плотность  $\rho$  всего вещества в Метагалактике (с учетом всех звезд и всего вещества в галактиках) составляет примерно  $3 \cdot 10^{-31}$  г/см<sup>3</sup>; соответствующая плотность энергии  $\epsilon = \rho c^2 \approx 3 \cdot 10^{-10}$  эрг/см<sup>3</sup>. Чтобы плотность энергии космических лучей  $w_{к.л.}$  в метагалактическом пространстве была  $\approx 10^{-12}$  эрг/см<sup>3</sup> (столько энергии необходимо иметь, если предположить, что они приходят в Галактику извне), нужно затратить на это

около процента от массы покоя всего вещества. Таких эффективных механизмов генерации космических лучей мы не знаем. В частности, при образовании звезд на ранних стадиях эволюции галактик, когда они конденсируются из рассеянной материи, тоже не может быть получено такой энергии, если считать, что наша Вселенная существует не в очень плотном состоянии всего 10 млрд лет. Правда, сейчас вновь привлекла к себе внимание космологическая модель Леметра, по которой Вселенная расширяется в течение, скажем, 50 млрд лет, причем долгое время расширение было замедленным. За такой длительный промежуток времени вещество могло так много раз перерабатываться, что логически не исключена возможность возникновения космических лучей с очень высокой плотностью энергии.

Пока еще нет никаких надежных указаний в пользу модели Леметра, и необходимо найти наблюдательные данные, которые помогли бы такую модель подтвер-

дить или опровергнуть. Не останавливаясь на этой проблеме в общем плане, замечу, что вопрос о накоплении космических лучей при использовании модели Леметра можно в принципе выяснить методами  $\gamma$ -астрономии. Действительно, если космические лучи долго накапливаются в период замедленного расширения, то они должны давать много  $\gamma$ -лучей за счет процесса  $p + p \rightarrow p + p + \pi^0 \rightarrow p + p + \gamma + \gamma$ . Плотность веществ в модели Леметра поддается оценке и, как легко понять, это дает возможность по измерениям интенсивности  $\gamma$ -лучей судить о плотности космических лучей в период замедленного расширения. К сожалению, американские авторы, которые проводили и проводят такой эксперимент на спутниках, выбрали счетчик, который не сможет «ответить» на этот вопрос (счетчик дает сведения о  $\gamma$ -лучах с энергией большей 50 Мэв, нужно же в данном случае знать интенсивность космических  $\gamma$ -лучей с энергией большей 10—15 Мэв).

Предварительные соображения показывают, однако, что интенсивность фонового потока  $\gamma$ -лучей раз в 30 меньше, чем интенсивность  $\gamma$ -лучей, которую следовало бы ожидать в модели Леметра в случае накопления космических лучей.

Как этот результат, так и общие соображения свидетельствуют против возможности накопления космических лучей в Метагалактике и, следовательно, против межгалактических теорий происхождения космических лучей.

Что же касается  $\gamma$ -астрономии, то ее потенциальные возможности еще не используются из-за недостаточной чувствительности аппаратуры. Пока что гамма-астрономия не дала ни одного положительного результата, поскольку поток  $\gamma$ -лучей оказывается меньше предела чувствительности счетчиков. Конкретно, потоки от космических источников меньше чем  $10^{-5}$  фотонов/см<sup>2</sup> · сек. На спутниках же исследования гамма-источников еще не производились. Специалисты утверждают между тем, что при систематических исследованиях на спутниках можно будет измерить поток  $\gamma$ -лучей с интенсивностью в  $10^{-7}$  фотонов/см<sup>2</sup> · сек. И когда удастся измерять потоки такой интенсивности, почти наверняка можно будет зафиксировать  $\gamma$ -лучи от целого ряда источников (например, квазаров). Кроме того, удастся существенно снизить верхний предел для возможной плотности космических лучей в метагалактическом пространстве.

Итак, хотя трудно предсказывать, но по многим оценкам можно ожидать, что при увеличении чувствительности на два порядка гамма-астрономия начнет «работать», начнет давать положительные результаты, а не только верхние пределы.

На сегодняшний день основным источником информации о космических лучах в далеких от Земли областях пространства служат радиоволны. Думаю, что через пять — десять, самое большое через пятнадцать лет,

гамма- и рентгеновские лучи, которые также образуются космическими лучами, станут равноправными партнерами радиоизлучения. Здесь существуют очень большие и очень интересные перспективы.

Надеюсь, что уже из этого краткого обзора видна роль исследования космических лучей в астрофизике. Видно также, что у этого направления имеются перспективы развития. Оптический метод остается и останется очень важным — без оптики в астрофизике обойтись нельзя, но на наших глазах астрономия превращается во «все-волновую» астрономию. Уже используется весь диапазон электромагнитных волн — от самых длинных радиоволн до рентгеновских и гамма-лучей. Источником астрономической информации стали космические лучи и, вероятно, в недалеком будущем станут и нейтрино. Великий процесс расширения каналов и источников информации в астрономии и астрофизике очень длительный. Можно надеяться, тем не менее, что уже через десять-пятнадцать лет и этот процесс аступит в стадию своего завершения, причем «по дороге» будет сделано немало замечательных открытий. Очень интересно следить за этим процессом и быть его участником.

# Стерилизация вредных насекомых

Б. И. Рукавишников  
Кандидат биологических наук



Борис Иванович Рукавишников — энтомолог, работает в Москве. Основные направления его исследований лежат в области биологического и химического методов борьбы с вредными насекомыми. Б. И. Рукавишников занимался также разработкой авиационного метода борьбы с вредными насекомыми, за что был удостоен Государственной премии (1951 г.). Опубликовал более ста работ, среди них: Материалы по изучению мух, паразитирующих во взрослой и личиночной фазах азиатской саранчи. «Труды по защите растений», том 1, вып. 1, 1931; Приобретение насекомыми и клещами устойчивости к ядохимикатам. В сб. «Химические средства защиты растений», 1958, № 6; Лучевая и химическая стерилизация вредных насекомых. «Итоги науки. Зоология», Изд-во ВИНТИ, 1966.

## От ядохимикатов — к стерилизации

Блестящие успехи органической химии за последние четверть века привели к созданию обширного ассортимента синтетических инсектицидов, и в настоящее время в передовых странах мира ведущее место в борьбе с вредными насекомыми занимает химический метод.

Применение ядохимикатов обладает некоторыми бесспорными достоинствами: оно просто и доступно, относительно дешево, быстро дает необходимый эффект. Однако массовое, а нередко и непродуманное применение инсектицидов вскоре выявило недостатки этого метода.

Дело в том, что в результате применения ядохимикатов нарушалось биологическое равновесие в природе. На некоторых полезных насекомых (опылителей, хищников и паразитов вредителей) ядохимикаты действовали сильнее, чем на вредных насекомых, что приводило к новым вспышкам их размножения. Некоторые виды насекомых и клещей, ранее малозаметные компоненты биоценозов, превратились в серьезнейших вредителей вследствие массовой гибели их врагов, более чувствительных к инсектицидам. К последствиям неумеренного применения хлорорганических инсектицидов относится настолько сильное размножение паутиных клещей в плодовых садах, на хлопчатнике и овощных культурах, что для их подавления пришлось применять специальные химические препараты — акарициды.

Прогрессирующее накопление ядохимикатов кумулятивного (суммирующего) действия, таких как ДДТ и других хлорорганических инсектицидов, в звеньях пищевой цепи приводило иногда к значительному отравлению позвоночных животных, особенно рыб и птиц.

Так, при обработке водоемов инсектицидами против комаров, вода содержала ничтожное количество ядохимиката, но его концентрация постепенно возрастала в каждом последующем звене пищевой цепи, превышая безопасную норму в организме насекомых в сотни, а в организмах рыб и птиц — даже в тысячи раз. В результате погибали рыбы и питающиеся рыбой птицы.

При многократных обработках стойкие инсектициды загрязняют почву, реки и другие водоемы и практически входят в состав почти всех продовольственных продуктов растительного и животного происхождения; в этих условиях организм сельскохозяйственных животных и человека тоже содержит незначительные количества ядохимикатов.

Длительное применение одних и тех же инсектицидов (или родственных соединений с одинаковым механизмом токсического действия) приводит к отбору, в процессе которого гибнут особи, чувствительные к инсектицидам, и выживают наиболее устойчивые мутанты.



Так возникла проблема устойчивости к ядохимикатам вредных насекомых и клещей (более 200 видов), значительно осложнившая борьбу с ними: приходится отказываться от применения старых препаратов и переходить на применение других ядохимикатов, либо использовать принципиально иные методы борьбы.

Успешно применять инсектициды невозможно без равномерного их распределения по поверхности защищаемых растений, без их хорошего проникновения в глубь травостоя, в кроны деревьев и кустарников, а это достигается с большим трудом. В местах, малодоступных для такой совершенной обработки, вредные насекомые выживают и благодаря высокой плодовитости восстанавливают плотность популяции уже в течение ближайших поколений. Поэтому необходимо применять инсектициды не только ежегодно, но даже многократно обрабатывая каждое поколение тех вредителей, которые дают по несколько поколений в течение года (например, в плодовом саду, на хлопчатнике и некоторых овощных культурах, в борьбе с комарами и др.).

При своевременной и тщательной химической обработке с каждым применением инсектицида прогрессивно уменьшается относительная гибель (в процентах) вредных насекомых, и уничтожить вредителя полностью не удается: обычно выживают мутанты, устойчивые к ядохимикатам, а также особи, оказавшиеся в момент обработки в укромных и скрытых убежищах, куда инсектицид не может проникнуть. Между тем при ликвидации очагов карантинных вредителей (иноземных вредителей, которые еще не успели широко распространиться и образуют только очаги, ограниченные как по площади, так и по плотности популяции вредителя) категорически необходимо их полное уничтожение.

Недостатки химического метода борьбы с вредными насекомыми заставили в течение последнего десятилетия более вдумчиво и осмотрительно относиться к химической борьбе с вредителями и проявлять особый интерес к биологическим методам борьбы, среди которых большим вниманием пользуется такой перспективный, как половая стерилизация насекомых. Возрос интерес к созданию так называемой системы интегрированной борьбы с вредителями, в которой — на фоне высокой агротехники — рационально сочетаются применение инсектицидов, половая стерилизация и использование половых и пищевых аттрактантов (привлекающих веществ), паразитов и энтомофагов — врагов вредных насекомых.

В зарубежной и советской энтомологической литературе получение летальных мутаций, приводящих к гибели потомства, а значит и к бесплодию, называют стерилизацией. Этот термин неточен, так как под половой стерилизацией обычно понимается бесплодие, вызванное перерывом семяпроводящих или яйцепроводящих путей. Но поскольку индуцирование летальных мутаций получило теперь широко распространенное название стерилизации, мы тоже будем пользоваться этим термином.

Возможность половой стерилизации насекомых была впервые установлена Дж. Реннером в 1916 г., однако генетические методы борьбы с вредными насекомыми впервые были предложены советскими учеными только в 30-х и 40-х годах нашего столетия.

В 1935 г. Б. Л. Астауров и С. Л. Фролова тщательно исследовали наследственные изменения, которые были вызваны облучением рентгеновскими лучами бабочек тутового шелкопряда и приводили к гибели потомства. Этими работами было показано, что частичное бесплодие облученных насекомых проявляется и даже усиливается в последующих поколениях. В 1940 г. А. С. Серебровский предложил насыщать природные популяции вредных насекомых наследственно неполноценными особями специально выведенной расы. Распространяемая в природной популяции раса должна быть гомозиготной по летальным генам. В случае гетерозиготности не будет гарантий передачи по наследству летального гена, так как в паре с ним может оказаться нормальный, «здоровый» ген. Предполагалась гибель половины гибридов в дочернем потомстве особей «дефектной» расы и губительное влияние на особей последующих 10—15 поколений.

В 1947 и 1948 гг. И. А. Рапопорт первым получил летальные мутации у самцов насекомых при помощи некоторых алкилирующих химических мутагенов. Позднее в Латвии М. Ю. Лидак, С. А. Геллер и А. Я. Медне разработали методы синтеза бифункциональных производных этиленимина, вызывающих летальные мутации; эти методы синтеза были успешно использованы учеными США.

Половая стерилизация прочно вошла в арсенал биологических методов борьбы с вредными насекомыми. Их, а также и клещей можно стерилизовать, обрабатывая рентгеновскими и  $\gamma$ -лучами или быстрыми нейтронами, применяя химические мутагены: алкилирующие соединения, антиметаболиты, антибиотики и некоторые другие вещества.

В настоящее время наметилось два основных направления в области половой стерилизации вредных насекомых и клещей: непосредственная их стерилизация путем распространения химических мутагенов в природной популяции и насыщение природной популяции большими массами бесплодных самцов путем многократного выпуска их в природу. Из-за громоздкости аппаратуры лучевую стерилизацию в полевых условиях проводить пока что практически невозможно.

## Бесплодные самцы уничтожают вредителей

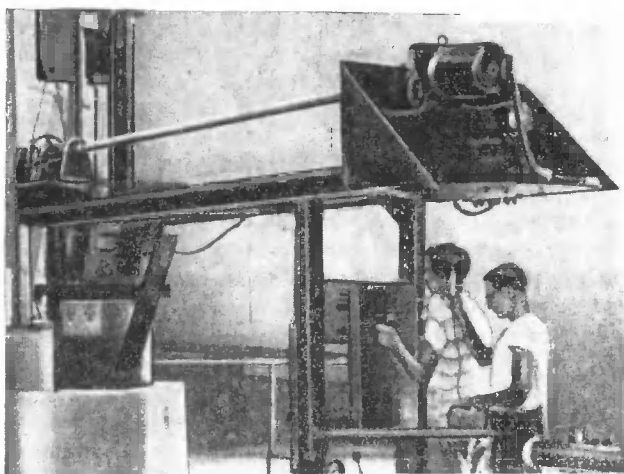
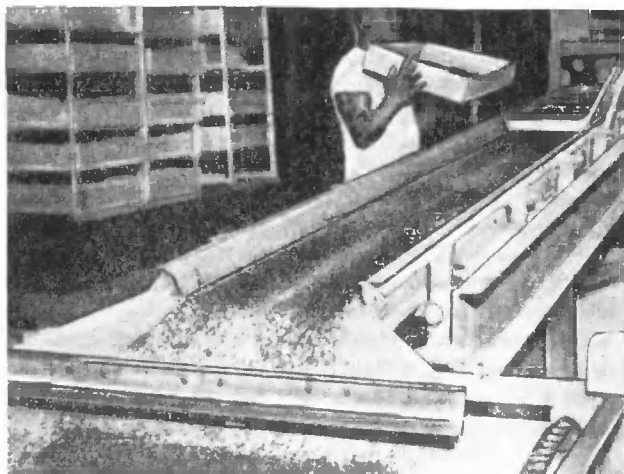
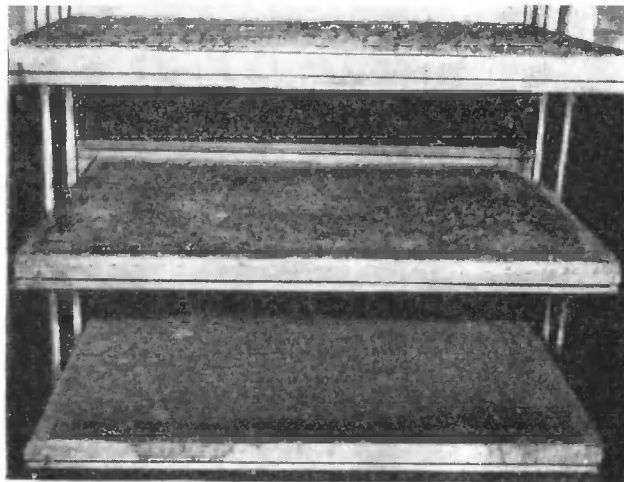
Бесплодия самцов можно достичь лучевой и химической стерилизацией куколок или взрослых насекомых. Наиболее производительные способы химической стерилизации: погружение насекомых на короткий срок в раствор

хемостерилизатора (от нем. Chemie — химия) или же обработка их в течение нескольких минут аэрозолем (туманом) из водного раствора хемостерилизатора.

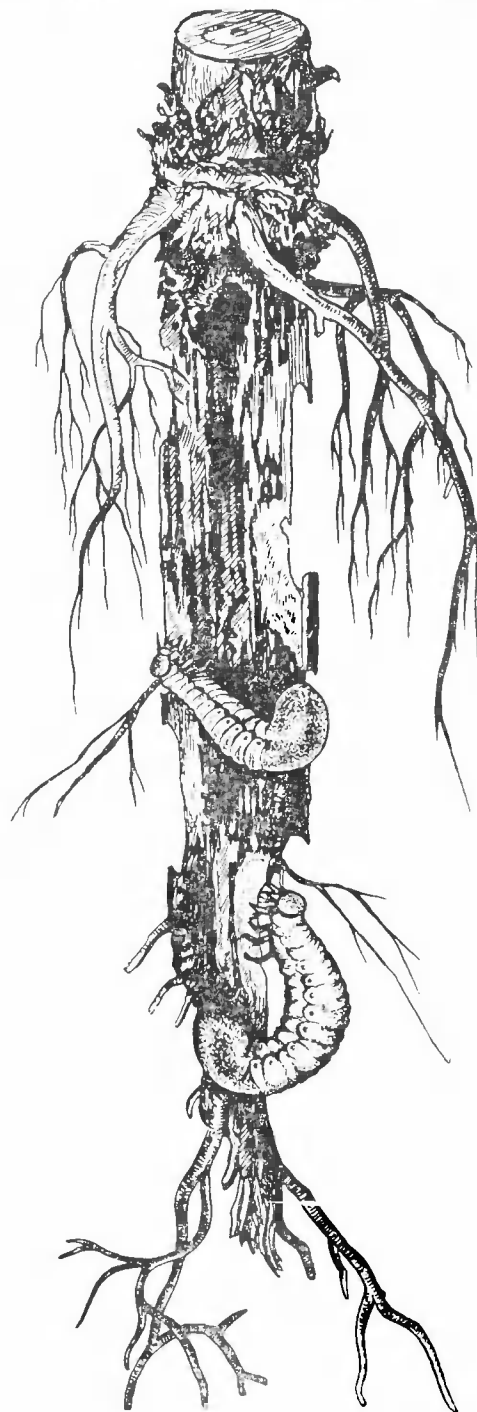
В зависимости от насыщения природной популяции насекомых стерильными самцами можно либо резко снизить плотность популяции вредителя, либо полностью ее искоренить. Уничтожение популяции насекомых осуществимо лишь при соблюдении некоторых обязательных условий. Необходима хорошая изученность распространения, биологии, в частности — экологии вредителей, и прежде всего — сроков развития и числа поколений в течение года, биотического потенциала (отношения численности особей родительского поколения к дочернему), дальности миграций и особенностей размножения.

Работу по искоренению вредных насекомых сильно облегчает изоляция обрабатываемой территории от остальной части ареала этого вида непреодолимыми естественными преградами (моря, пустыни, горные хребты и др.), препятствующими миграции насекомых извне. Идеальный объект искоренения вредителей путем стерилизации — новые, небольшие по площади, очаги карантинных вредителей, плотность популяции в которых относительно невелика.

Искоренение вредителя в одной части непрерывного ареала возможно только в том случае, если зону, в которой вредитель ликвидирован, защищает от проникновения вредителя из остальной части ареала достаточно широкая полоса, ежегодно наводняемая стерильными особями данного вида.



Мясных мух выводят в авиационном ангаре в Себринге (США). Оплодотворенных мух помещают в шкаф на матерчатые ленты (вверху слева). Здесь мухи выводят яйца, из яиц вылупляются личинки. Их помещают на специальные стеллажи и выкармливают смесью из мяса, крови и воды (вверху справа). Затем личинки зарываются в песок, а после того, как они превратятся в куколки, песок просеивают (внизу слева). Куколок подвергают облучению радиоактивным изотопом кобальта-60 (внизу справа)



Корни, поврежденные личинками майского хруща

Операцию по уничтожению следует начинать в моменты наименьшей сезонной численности вредителя (например, после зимовки) и в особенности в годы депрессии вида. Если численность насекомых все же велика, ее следует предварительно снизить обработкой ядохимикатами.

Такие важные показатели, как норма выпуска стерильных самцов на единицу площади, число выпусков и промежутки времени между ними, определяются, прежде всего, на основании биотического потенциала вредителя, плотности его популяции в течение всех сезонных поколений и результатов лабораторных опытов по установлению оптимального отношения стерильных и плодовитых самцов.

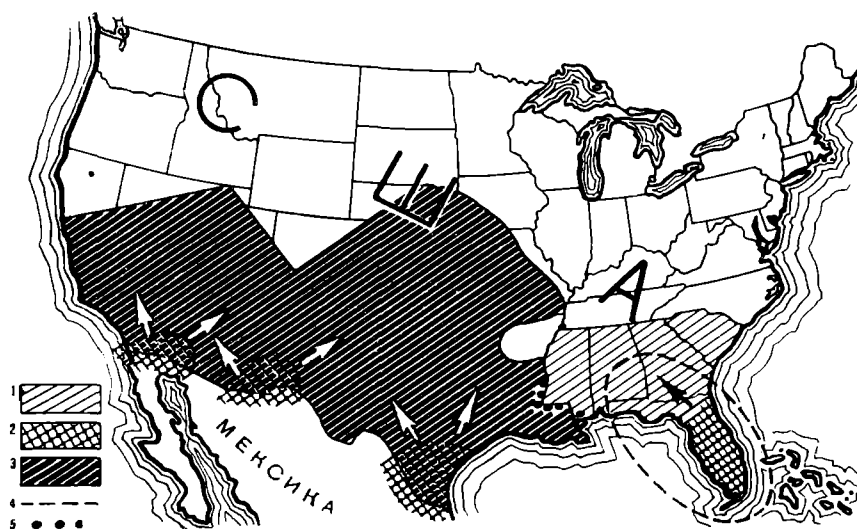
Чаще всего при первом выпуске стерильных самцов количество их превосходит начальную численность плодовитых самцов природной популяции в 2—10 раз. Степень уменьшения численности вредителя пропорциональна отношению выпущенных стерильных самцов и плодовитых самцов природной популяции.

Полное уничтожение вредителя в лучшем случае удается осуществить в течение ряда (5—10) поколений. В наиболее сжатые календарные сроки уничтожают те виды вредных насекомых и клещей, которые развиваются в течение сезона в нескольких поколениях.

Для контроля за ходом уничтожения вредителя необходимо организовать в течение сезона периодический учет его численности. Это позволяет регулировать сроки и количество выпускаемых стерильных насекомых, а также определить момент окончания операции по искоренению. Облученных насекомых продолжают выпускать на обработанную территорию и после исчезновения вредителя в целях уничтожения случайно уцелевших особей, ускользнувших от учета.

Интересно сравнивать два варианта уничтожения вредителя в течение трех поколений: истребление 100% особей на 90% площади (на остальных 10% площади уничтожение вредителя не проводится) и истребление 90% особей на 100% площади (10% особей вредителя остались живы на всей обработанной площади). На первый взгляд кажется, будто оба варианта одинаково эффективны, но по расчетам в четвертом поколении численность вредителя в первом варианте снижается в 10, а во втором в 1000 раз по сравнению с численностью исходного поколения.

Для распространения стерильных насекомых на большой территории наиболее пригодны самолеты. Облученные куколки помещают в небольшие картонные коробки с вентиляционными отверстиями, перегородками и сахаристым кормом для насекомых. Автоматическое приспособление через определенные промежутки времени открывает и сбрасывает с самолета коробки с куколками.



Ареал мухи *Cochliomyia hominivorax* в США. Условные обозначения: 1 — зона миграции мухи из Флориды; 2 — зона зимовки; 3 — зона летней миграции мухи из Техаса и Мексики; 4 — зона выпуска стерильных самцов и ликвидации вредителя как вида во Флориде; 5 — станции наблюдения

Выпуск стерильных самцов в природные популяции был проведен с 12-ю видами насекомых. Было успешно осуществлено искоренение некоторых плодовых мух, а также мясной мухи *Cochliomyia hominivorax*.

Этот опасный паразит скота в 1954 г. был ликвидирован как вид на о-ве Кюрасао (площадь 43 тыс. га), расположенном в Карибском море, посредством распространения с самолета куколок, облученных дозой 5—6 килорентген (т. е. 5—6 тысяч рентген; в дальнейшем везде сокращенно — кр). Их разбрасывали еженедельно в течение 22 недель (5 поколений вредителя).

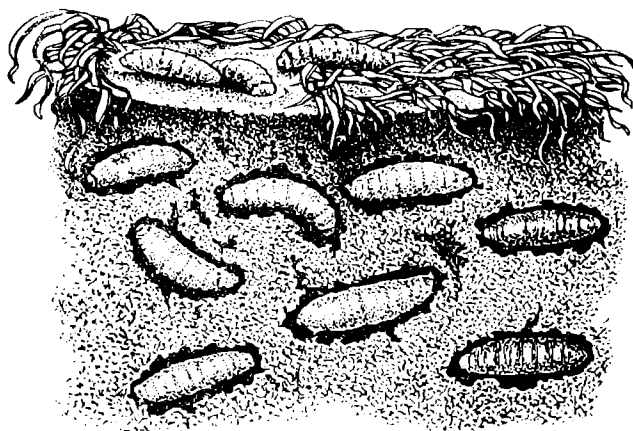
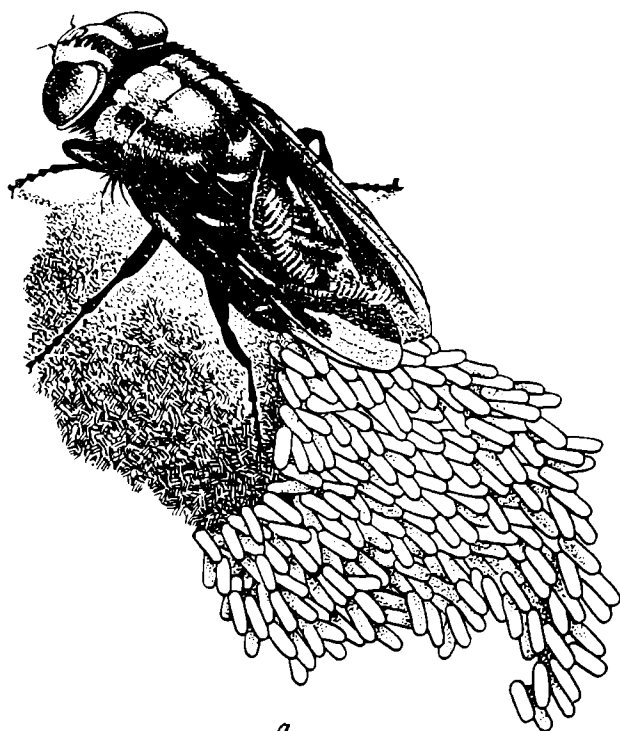
В 1958—1959 гг. была искоренена *C. hominivorax* на значительно большей территории (около 17,5 млн га) — во Флориде, Джорджии и Алабаме (США). Потребовалось 20 самолетов, чтобы за 66 еженедельных выпусков распространить 3,5 млрд облученных куколок из расчета: 2 стерильных самца на 1 га за каждый выпуск. Операция продолжалась 15 месяцев и охватывала 11—12 поколений вредителя. Затраты на ее искоренение (4,85 млн долларов) окупались очень быстро, так как предотвратили наносимые этой мухой ежегодные потери в размере 20 млн долларов.

Следующая операция по ликвидации *C. hominivorax* в Техасе и четырех соседних штатах проводилась в значительно более трудных условиях, так как охватывала только северную часть ареала вредителя, простирающегося к югу на территории соседней Мексики, откуда в пограничные штаты США постоянно залетает эта муха. В Техасе построили крупную автоматизированную установку для разведения и облучения мух (еженедельный выпуск — 150 млн стерильных куколок) и аэродром с бетонированными взлетными поло-

сами. В 1962 и 1963 гг. на площади более 50 млн га было сброшено 7,8 млрд куколок, облученных 4,5 кр. Полной ликвидации *C. hominivorax* в южных штатах США достичь не удалось, по-видимому, вследствие залета мух из Мексики. Однако численность вредителя резко сократилась: в 1962 г. было заражено мухой почти 50 000 голов скота, в 1964 г. — всего 226 животных, а с ноября 1964 г. по март 1965 г. — 0. Расходы на проведение операции (12,2 млн долларов) окупались с избытком, так как были устранены потери скота от этого паразита в размере около 100 млн долларов в год. С целью полного искоренения *C. hominivorax* выпуск облученных насекомых был продолжен как в южных штатах США, так и в защитной пограничной полосе в Мексике.

В 1963—1964 гг. в Тихом океане, на о-ве Гуам (площадь 54 тыс. га) была уничтожена как вид восточная плодовая муха (*Dacus dorsalis*). Операция эта началась после двух опустошительных тайфунов, прошедших с промежутком в полгода. Тайфуны уничтожили основную массу плодовых деревьев, служащих кормовыми растениями для восточной плодовой мухи, в результате чего численность ее катастрофически снизилась. Всего на Гуаме было распространено около 17 млн облученных куколок.

В Австралии, в садах городка Тренджи, численность квинслендской плодовой мухи в 1963 г. была значительно снижена путем опрыскивания инсектицидом с аттрактантом (привлекающим веществом). Затем в 1964—1965 гг. регулярно через каждые две недели в садах разбрасывали зрелые куколки этой мухи, облученные 6—10 кр; всего в течение 7 месяцев было распространено 5,3 млн куколок, и популяция вредителя была полностью истреблена. Интересно отметить, что в результате тщательного опрыскивания садов инсектици-



Муха *Cochliomyia hominivorax*; а — самка откладывает 200—300 яиц в ранку на коже животного; б — личинки 5 дней питаются мышечной тканью и кровью. Рана обычно заселяется патогенными микроорганизмами, воспаляется, выделяет лимфу и кровь и привлекает самок мухи для новой откладки яиц. Зараженный молодой животное обычно погибает, а взрослые животные, если и выживают, то худеют и сильно истощаются

дом карбофосом с добавлением различных пищевых и половых аттрактантов, проведенного в девяти городах Австралии, поврежденность плодов уменьшилась, но ни в одном случае не удалось полностью ликвидировать очаги вредителя.

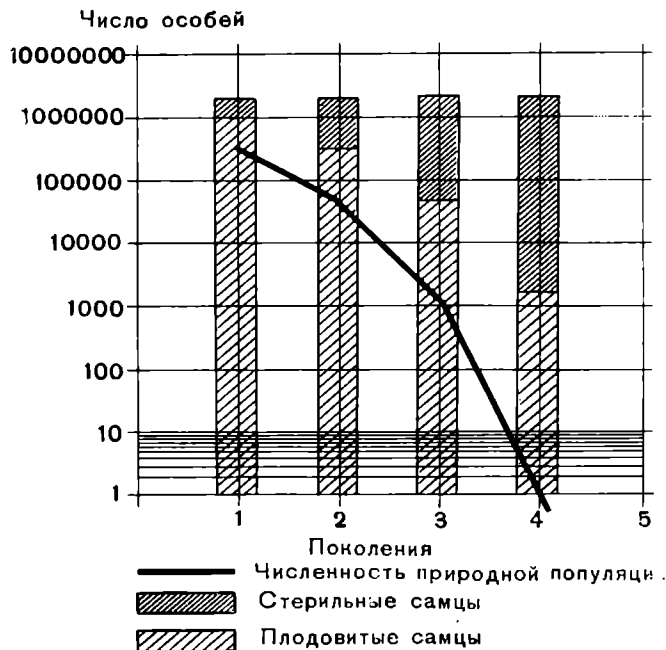
Менее успешно производился выпуск стерильных самцов мексиканской и средиземноморской плодовых мух в Мексике, Коста-Рике и на Гавайских островах: численность вредителей резко снизилась, но залет мух с окружающей необработанной территории на защищаемую площадь помешал их полной ликвидации.

В Швейцарии собирали в светоловушках или отряхивали с деревьев западных майских хрущей. Их облучали 3 кр и выпускали на поле (30 га), удаленное от ближайших мест выплода жука на 3—5 км. За два года (1959 и 1962) было выпущено 11,7 тыс. стерильных самцов, численность которых в 1959 г. соответствовала численности плодовых самцов природной популяции, а в 1962 г. превысила их в три раза. Операция завершилась полным успехом: заселение почвы личинками майского хруща после 1959 г. уменьшилось в полтора раза, а после 1962 г. они исчезли совершенно. Результаты опыта показывают, что в условиях горного рельефа при сравнительно небольшой пространственной изоляции и пониженной или умеренной плотности популяции вредных насекомых их уничтожение вполне возможно.

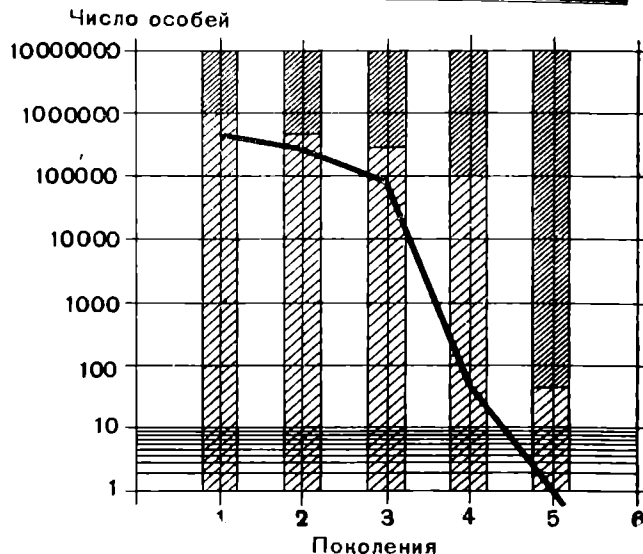
Успешно прошла ликвидация мексиканского хлопкового долгоносика (*Anihopomus grandis*) в штате Луизиана (США) на небольшом поле, удаленном от других полей хлопчатника на десятки километров. Было выпущено 8850 стерильных самцов долгоносика вместе с 10 нормальными самками, предварительно оплодотворенными нестерилизованными самцами; по расчетам на каждого плодового самца дочернего поколения приходилось 160—400 выпущенных стерильных самцов. На опытном поле поврежденность бутонов хлопчатника долгоносиком составила в сентябре 6,3%, в октябре 1% и в ноябре 0 (на контрольном поле 34,8—41%); все обнаруженные яйца были нежизнеспособны.

В 1962—1964 гг. в Британской Колумбии (Канада) был проведен многократный выпуск стерильных самцов яблонной плодовой мухи в заброшенном яблоневом саду, настолько сильно заселенном этим вредителем, что в 1955—1960 гг. в нем трудно было найти неповрежденные яблоки. В 1961 г. перед выпуском стерильных самцов сад был трижды опрыснут ДДТ, что снизило поврежденность плодов до 4,94%, а численность вредителя сократилась до 400 зимующих гусениц. Затем начался следующий этап борьбы с вредителями сада.

Гусениц плодовой мухи выкармливали на недозрелых яблоках, куколки самцов за 3 часа до вылета бабочек помещали в холодильник при 8° С. По мере надобности куколки самцов облучали 40 кр, что стерилизовало их на 98%. Выведенных облученных самцов помещали в садки, прикрепленные к каждому дереву и защищен-



Уничтожение популяции насекомых с различным биотическим потенциалом (отношение численности дочернего и родительского поколений) в результате систематического выпуска стерильных самцов. Левый график —



популяция с биотическим потенциалом 1:1, выпуск стерильных самцов по отношению к природным самцам 2:1. Правый график — популяция с 5-кратным биотическим потенциалом (5:1); выпуск стерильных самцов 5:1

ные от дождя, ветра и нападения хищных насекомых. Стерильных самцов выпускали в сад с мая по октябрь три раза в неделю, а в период наибольшего лёта бабочек — ежедневно в течение декады.

В 1964 г. путем выпуска стерильных самцов удалось снизить численность гусениц в 67 раз, а поврежденность плодов в 99 раз — до 0,05%. Как показал вылов плодовых самцов ловушками, расставленными вокруг подопытного сада, полному уничтожению вредителя помешал залет бабочек плодожорки из других садов, расположенных в 500 и 800 м от подопытного.

В настоящее время разработаны проекты массовой стерилизации и полной ликвидации в США важнейших вредителей хлопчатника — хлопкового долгоносика и хлопковой моли, а также табачного и томатного бражников.

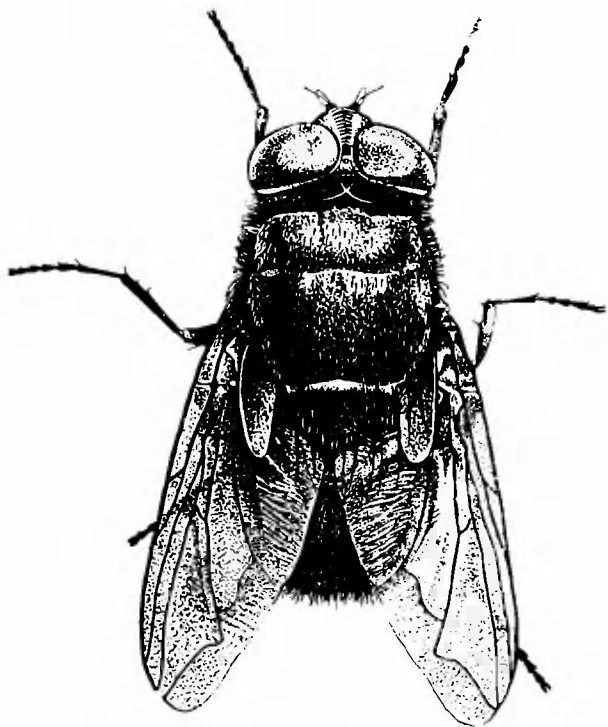
Выпуск стерильных насекомых в природные популяции вредителей обладает рядом бесспорных преимуществ: он безвреден для человека, для скота и полезных насекомых, не нарушает (подобно инсектицидам) биологического равновесия и значительно эффективнее ядохимикатов.

Регулярная и интенсивная химическая борьба с вредными насекомыми, по мере снижения их численности с каждой обработкой, прогрессивно уменьшает и процент гибнущих, поэтому полностью уничтожить вредителей не удастся. Инсектициды, а также большинство

энтомофагов не эффективны при крайней малочисленности популяции вредителя. При обработке инсектицидами обычно выживают либо особи, устойчивые к ядохимикатам, либо особи, обитающие в укромных и скрытых убежищах, куда инсектицид не может проникнуть.

Иное положение создается при выпуске стерильных насекомых: стерильных самцов движет половой инстинкт, они повсюду активно отыскивают самок, вплоть до укромных микроуши, недоступных для инсектицида; обеспечивается бесплодие насекомых, устойчивых к инсектицидам; достигается значительно более быстрое уничтожение популяции, чем при использовании инсектицидов.

Стерилизации самцов, как и всякому методу, свойственны свои недостатки. Для успешного уничтожения вида требуется непрерывное разведение огромной массы насекомых (порядка миллионов — миллиардов особей). Насекомых некоторых видов совсем не удается разводить в искусственных условиях. Сложность и дороговизна массового разведения ограничивает его применение в первую очередь для ликвидации небольших изолированных очагов вредителей; уничтожение же их на большой территории возможно лишь в том случае, если плотность популяции предварительно была снижена до минимальной (единицы или десятки особей на 1 га). Массовый выпуск насекомых, вредящих во взрослой фазе (например жуков, сосущих насекомых и др.), может привести к резкому возрастанию их вред-



Мясная муха *Cochliomyia hominivorax* — опасный паразит скота и диких животных. Уничтожение этой мухи на значительной территории южных штатов США предотвратило ежегодные потери от гибели скота в размере примерно 100 млн долларов в год

ной деятельности и потому не может быть рекомендован.

У некоторых видов насекомых вредят только самки, а самцы безвредны. Кровью животных и человека питаются, например, только самки кровососущих комаров, а самцы — растительными соками. Поэтому массовый выпуск в природу даже стерильных самок нежелателен, так как это резко увеличит количество нападений комаров на людей и животных.

## Лучевая стерилизация

Для лучевой стерилизации насекомых чаще всего применяется  $\gamma$ -излучение радиоактивных изотопов, особенно кобальта-60, сохраняющего радиоактивность в продолжении пяти лет, и реже цезия-137, эффективного в течение 30 лет.

Удобнее всего стерилизовать насекомых в фазе малоподвижной куколки, незадолго (от четверти до трех дней) до выхода взрослых насекомых. При этом у стерильных особей плодовитость восстанавливается реже, чем при облучении взрослых насекомых. Лучевая

или химическая обработка яиц или личинок бесперспективны, так как сопровождается массовой гибелью насекомых. Стерилизация взрослых насекомых эффективна, но осложняется трудностями обращения с подвижными, а то и летающими насекомыми.

В зависимости от систематической принадлежности насекомых стерилизующие дозы облучения колеблются в пределах 3—60 кр. Наиболее чувствительны к лучевой стерилизации жуки (3—5 кр) и двукрылые (6—10 кр), а наиболее устойчивы бабочки (30—60 кр). Нематоды (черви) настолько устойчивы к  $\gamma$ -облучению (440—640 кр), что стерилизация их бесперспективна, во всяком случае в ближайшие годы. Всего до настоящего времени проведены опыты лучевой стерилизации более чем с 40 видами насекомых.

Механизм действия как лучевой, так и химической стерилизации сходен и отличается лишь в деталях; в его основе лежит возникновение летальных мутаций. В зависимости от дозы облучения или хемотрестерилизатора эффект может быть более или менее губительным. Минимальные эффективные дозы сильно задерживают развитие половых желез, а большие дозы вызывают летальные мутации, фрагментацию (разрыв хромосом), абберацию (соединение разорванных участков хромосом в различных сочетаниях) и мосты между хромосомами. В результате дальнейшего повышения дозы хромосомы половых клеток оказываются поврежденными еще сильнее; затем наступает гибель сперматозоидов и яиц, а при максимальных дозах — и самих насекомых.

Наиболее чувствительны к лучевой и химической стерилизации мужские половые клетки на самых ранних (сперматогонии и сперматоциты) и конечной стадиях развития (сперматозоиды), а наиболее устойчивы клетки на промежуточной стадии развития (сперматиды). Устойчивость сперматидов к действию мутагенов может приводить к частичному или, реже, к полному восстановлению плодовитости самцов.

Скармливание самкам комнатной мухи хемотрестерилизатора афолата останавливает развитие яйцевых клеток на ранних стадиях развития. Так, у 9-дневных самок яйцевые клетки находились в таком же зачаточном состоянии, как и у только что отродившихся мух, т. е. были не различимы под микроскопом. После применения афолата у самок мясной мухи *C. hominivorax* яичники оказались недоразвитыми, яйца в них были крайне мелки, деформированы и слиты в сплошную массу.

Стерильные самцы производят подвижные, по внешнему виду жизнеспособные сперматозоиды, однако после спаривания с такими самцами плодовитые самки откладывают много нежизнеспособных яиц, в которых зародыш не развивается. В результате стерилизации самок у них прекращается развитие яиц, и после спаривания с плодовитыми самцами они или совсем не откладывают яиц, которые могут сохранить жизнеспособность,

или откладывают их очень мало. Стерильные насекомые по внешнему виду и поведению не отличаются от плодовых особей, но их способность к многократным спариваниям несколько понижается, а продолжительность жизни сокращается.

Гибель насекомых в результате стерилизации нежелательна, так как уменьшает численность стерильных самцов, которые, спариваясь с плодовитыми самками природной популяции, обеспечивают их бесплодие. Однако некоторое сокращение продолжительности жизни, обычное для стерильных насекомых, не имеет существенного практического значения в силу того, что наибольшее число спариваний приходится на первые дни их жизни.

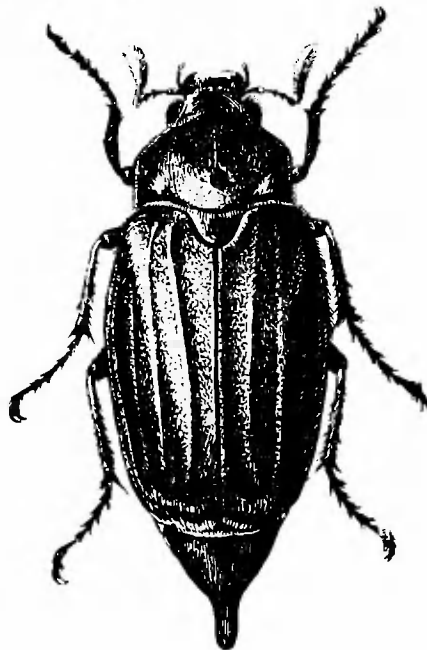
Стерильные самцы значительно эффективнее бесплодных самок. Самки ряда видов насекомых спариваются только с единственным самцом, в то время как самцы этих видов оплодотворяют нескольких самок. Математическое моделирование показало, что решающее влияние на понижение плодовитости популяции имеет массовое добавление одних только стерильных самцов, в то время как насыщение популяции бесплодными самками не влияет на численность потомства популяции.

## Химическая стерилизация

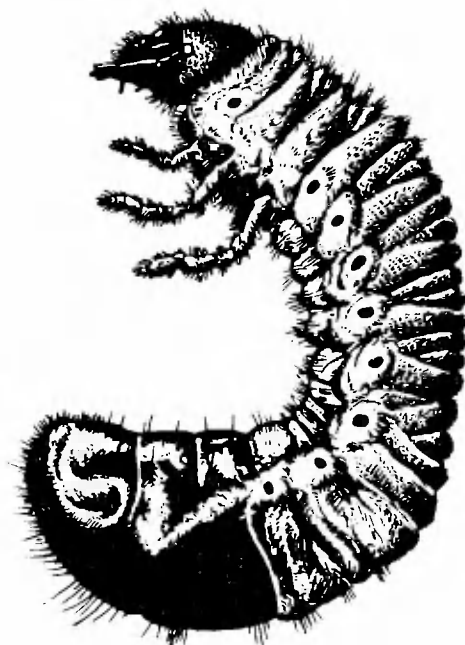
Во всех странах мира на животных и людях ежегодно испытывается 40—50 тыс. соединений в качестве потенциальных противоопухолевых медикаментов; значительную часть этих веществ составляют мутагены. У прикладных энтомологов оказалась общая проблема с онкологами: изыскать эффективные вещества для воздействия на быстро размножающиеся клетки. Энтомологи ставят задачу — прекратить развитие яиц и сперматозоидов насекомых или вызвать у них летальные мутации, а онкологи — прекратить деление клеток и остановить рост злокачественной опухоли. Поэтому для стерилизации насекомых можно использовать соединения, предварительно апробированные онкологами. За три года (1961—1964) только одной энтомологической лабораторией в Орландо (Флорида, США) было испытано свыше 3 тыс. соединений в качестве потенциальных мутагенов насекомых; было тщательно изучено более 40 наиболее перспективных антиметаболитов и алкилирующих веществ.

Синтез жизненно важных нуклеиновых кислот, белков и других веществ в клетке осуществляется за счет более простых «строительных материалов» — метаболитов. Антиметаболиты структурно очень близки к метаболитам, но незначительно отличаются (например, замещением какого-либо атома или группы). Особенно важно геометрическое структурное сходство молекул антиметаболита и метаболита, подобно ключу и замку.

Клетки, используя антиметаболиты, образуют чуждые, непригодные вещества и не могут осуществить биосин-



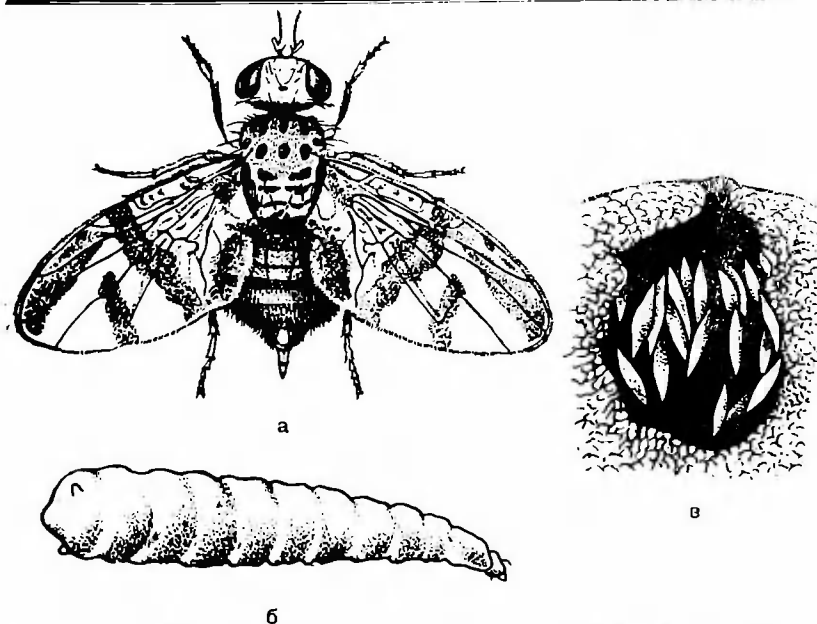
а



б

Западный майский хрущ; а — жук, б — личинка. Выпуск стерильных самцов в Швейцарии показал, что в условиях горного рельефа (в условиях пространственной изоляции) искоренение западного майского хруща вполне возможно





Средиземноморская плодовая муха: а — взрослая самка; б — личинка; в — личинки в поврежденном плоде. В результате выпуска стерильных самцов этой мухи в Мексике, Коста-Рике, на Гавайских островах численность средиземноморской плодовой мухи резко снизилась

тез нормальных соединений. Так, например, 5-фторурацил замещает почти половину урацила в рибонуклеиновой кислоте бактерий, что приводит к прекращению их размножения.

Для антиметаболитов характерно воздействие через кишечник, причем они стерилизуют только самок и не действуют на самцов. Это объясняется тем, что из куколок выходят половозрелые самцы, у которых синтез нуклеиновых кислот в сперматозоидах уже завершен. В отличие от самцов половое созревание самок протекает медленнее и обычно заканчивается только через несколько дней после выхода самок из куколок. В яичниках вылупившихся самок энергично протекает синтез нуклеиновых кислот и поэтому антиметаболиты могут проявить свое действие.

Были созданы и успешно испытаны антагонисты метаболитов, участвующих в биосинтезе нуклеиновых кислот: птероил-глутаминовой (фолиевой) кислоты, глутамина, пиридина и пурина. Антиметаболиты птероил-глутаминовой кислоты (метотрексат, аминоптерин) и два аналога пиридина — 5-фторурацил и 5-фтороротовая кислота, а также резерпин (применяется в качестве успокаивающего средства), включенные в корм, стерилизовали самок некоторых видов мух; их яичники были очень малы, имели лишь немного питательных клеток и совершенно не содержали зрелых яиц.

Различные антибиотики (в особенности циклогексимид, пактамицин, гиромидин, актиномицин, ванкомицин, цитовирин и др.) в составе кормов успешно стерилизовали самок комнатной мухи, а при опрыскивании растений — самок персиковой тли и обыкновенного паутинового клеща.

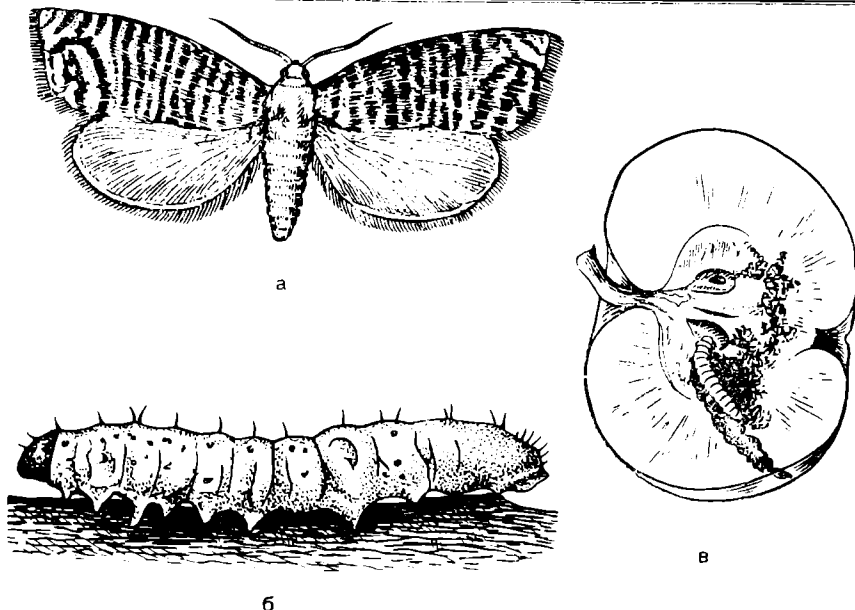
Наибольшей мутагенной активностью отличаются алкилирующие соединения — производные азотистого иприта (хлоралкиламины) и трехчленного гетероциклического азотсодержащего соединения — этиленимина (этиленимиды). И. А. Рапопорт в 1947 г. впервые показал, что воздействие на куколок самцов дрозофилы алкилирующих соединений — диазометана, этиленимина и его производных вызывает у насекомых летальные мутации.

Алкилирующие соединения вступают в реакцию с различными соединениями клетки; при этом присоединяется алкильная группа  $C_nH_{2n}$  или более сложный радикал (амино-, окси-, тиоалкил и др.) с замещением или без замещения водорода. Синтез этиленимидов сравнительно прост. Этиленимину присущи легкость размыкания кольца в цепь и высокая реакционная способность атома углерода. Молекула этиленимида состоит из активной алкильной части и носителя — остальной части молекулы. Положительно заряженный центр активной части молекулы легко реагирует с реакционными центрами нуклеофильных молекул клетки.

Наиболее эффективны те алкилирующие вещества, у которых к активной части молекулы (например, к этиленимину) присоединены природные соединения (аминокислоты, пептиды, азотистые основания и др.), так как природная группировка, по-видимому, облегчает воздействие на жизненно важные системы клетки.

Алкилирующие соединения реагируют почти со всеми соединениями клетки. Каждое жизненно важное соединение (нуклеиновая кислота или белок) имеет много рецепторов — точек, к которым может присоединиться молекула алкилирующего соединения. В организме жи-

Яблонная плодожорка: а — бабочка, б — гусеница, в — поврежденное яблоко. В Канаде, в яблоневых садах, удалось резко снизить численность этого вредителя путем выпуска стерильных самцов



вотных алкильная часть молекулы отделяется от «несущей» и вступает самостоятельно в реакцию с различными соединениями. Если в реакцию вовлекается значительная часть молекулы, клетка может погибнуть. Концентрация алкилирующего хемотростерилизатора должна быть настолько мала, чтобы большинство возможных рецепторов жизненно важных молекул в половой клетке оставить незатронутыми, сохранив тем самым жизнеспособность насекомых, но в то же время достаточной для того, чтобы вызвать их бесплодие.

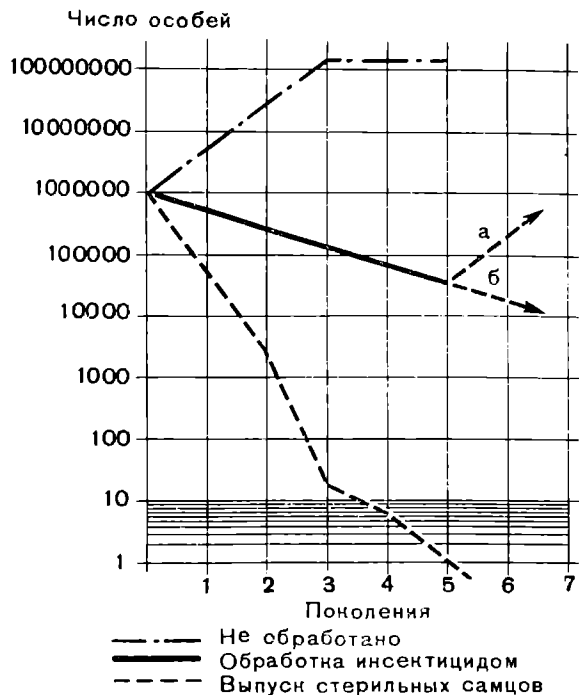
При высокой скорости реакции хемотростерилизатор может быть полностью израсходован на пути к половым клеткам вследствие взаимодействия с различными соединениями. При реакции очень медленной он может быть разложен или выведен из организма раньше, чем проявит стерилизующее действие. Поэтому крайне важна именно оптимальная скорость реакции мутагена.

Недавно были получены доказательства, что алкилирующие мутагены реагируют с нуклеотидами — основаниями, входящими в состав нуклеиновых кислот. В яйцах мух, отложенных после введения меченого хемотростерилизатора тиотЭФА, все четыре нуклеотида рибонуклеиновой кислоты были мечены, биосинтез дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) оказался сильно заторможенным в начальный период развития зародыша, а содержание ДНК увеличивалось в 23 раза медленнее, чем в нормальных яйцах.

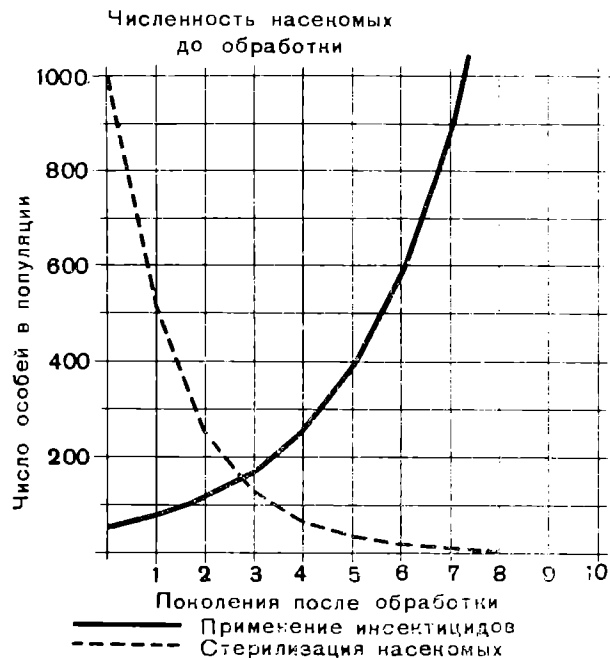
Воздействие алкилирующих хемотростерилизаторов вызывает в половых клетках насекомых ряд изменений. Летальные мутации и видимые структурные перестройки хромосом наследственно передаются, даже спустя несколько поколений после того, как прекратилось воздействие химических мутагенов. В результате воздей-

ствия на насекомых сублетальными дозами органических инсектицидов в течение 15—25 последовательных поколений обычно развивается популяция, высокоустойчивая к применяемым инсектицидам. Когда же на протяжении многих (иногда десятков) поколений на насекомых воздействуют субстерилизующими дозами химических мутагенов, вызывающими неполное бесплодие особей, то либо развивается умеренная устойчивость к хемотростерилизаторам, либо ее совсем не возникает. Объясняется это тем, что, наряду с защитной реакцией организма (выделение фермента, разлагающего хемотростерилизатор) в наследственные структуры включаются летальные гены, которые передаются и накапливаются в особях последующих поколений.

Алкилирующие соединения вызывают бесплодие самых различных животных — от простейших до теплокровных, обладают преимущественно кишечным и лишь некоторые контактным действием, т. е. либо проникают через стенки кишечника при поедании насекомыми химических мутагенов с пищей, либо проходят через покровы лапок при соприкосновении насекомых с поверхностью, обработанной хемотростерилизатором. Более ста этиленмидов эффективно стерилизовали по меньшей мере насекомых одного вида. В отличие от антиметаболитов алкилирующие вещества стерилизуют преимущественно самцов и применяются в концентрациях значительно более высоких (0,1—1%), чем антиметаболиты (0,0025—0,05%). При скормливании алкилирующих веществ мухам и наездникам не было случая, чтобы соединение, стерилизующее самок, не могло стерилизовать самцов; обычно доза, стерилизующая самцов, вдвое меньше, чем аналогичная доза для самок. По-видимому, близость ядра с заключенными в нем наследственными структурами к внешней оболочке сперматозоидов



Динамика популяции насекомых (биотический потенциал 5:1) при равной 90%-ной эффективности инсектицидов и выпуска стерильных самцов 9:1:1; а — при обработке инсектицидами только первых пяти поколений популяция вновь нарастает в последующих поколениях; б — для полного уничтожения насекомого требуется химическая обработка в течение 20 поколений



Сравнительные результаты борьбы с моногамными вредными насекомыми посредством стерилизации и применения инсектицидов при одинаковой 95%-ной эффективности каждого способа. При увеличении дочернего поколения по сравнению с родительским на 1,5%, выжившие после применения инсектицидов 5% насекомых в течение восьми последующих поколений восстанавливают прежнюю численность популяции (сплошная линия). При стерилизации 95% самцов популяция в течение 8 поколений вымирает

делает их более доступными для воздействия хемотрестерилизатора, чем генетический материал в крупных яйцах, ядра которых окружены защищающей их массой питательных клеток желтка.

Универсальными хемотрестерилизаторами кишечного действия, т. е. вызывающими (при заглатывании) бесплодие самцов и самок насекомых, оказались лишь амид Р, Р-бис-(1-этиленмин) — Р, Р-этилфосфинсвой кислоты, эффективный даже в концентрации 0,00025%, ТЭФ — ортофосфорная кислота, замещенная тремя группами этиленмина, метильный и серный аналоги ТЭФ-а — метЭФ и тиюТЭФ, третамина и афолат. При этом только тиюТЭФ проявлял как кишечное, так и контактное (через наружные покровы) 100%-е стерилизующее действие. Третамина вызывал полное бесплодие самок и самцов мясной мухи *C. hominivorax* при нанесении на покровы мух, а при скармливании стерилизовал 100% самцов и 77% самок.

Хемотрестерилизаторы можно использовать, распространяя их подобно инсектицидам в природных условиях в смеси с привлекающими веществами (аттрактантами), чтобы вызвать непосредственное бесплодие вредных

насекомых природной популяции. Ими можно также обрабатывать разводимых насекомых и тем самым стерилизовать их перед массовым выпуском в природную популяцию вредителя. При обоих методах применения хемотрестерилизаторов спаривание стерильных насекомых с необработанными плодовитыми партнерами приводит к гибели потомства, так как из отложенных яиц не происходит отрождения личинок.

Наибольшая степень бесплодия насекомых достигается при сочетании высокой стерилизующей эффективности мутагенов с их наименьшей ядовитостью: чем дольше будет жить стерильный самец и чем чаще он будет спариваться, тем больше самок останутся бесплодными. В этом аспекте лучшими стерилизаторами и для самцов и для самок при контактном и кишечном действии оказались третамина и тиюТЭФ, у которых стерилизующая контактная доза соответственно в 20 и 10 раз меньше максимальной безопасной дозы. Поглощение этиленмидов покровами насекомых и их разложение в организме протекают очень интенсивно — в течение нескольких часов.

Успех искоренения вредных насекомых прежде всего определяется тем, в какой мере сохраняется способ-

ность стерильных самцов конкурировать в половой активности с плодовитыми особями. Путем правильного подбора дозы и продолжительности воздействия хемотрестерилизатора можно добиться сохранения у стерильных самцов способности к активным поискам самок и многократному спариванию.

Насекомые, устойчивые к хлор- и фосфорорганическим инсектицидам, могут быть легко уничтожены при помощи лучевой или химической стерилизации. Возможность развития умеренной устойчивости насекомых как к  $\gamma$ -облучению, так и к алкилирующим мутагенам, была показана экспериментально, но она развивается в значительно меньшей степени, чем к инсектицидам.

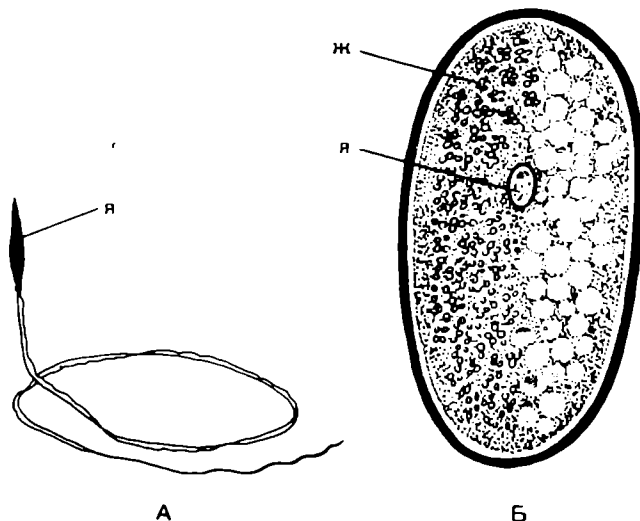
Эффективность хемотрестерилизаторов сильно колеблется в зависимости от видовой чувствительности насекомых; минимальные стерилизующие дозы метТЭФа (в пересчете на единицу веса) в зависимости от способа применения были в 4—5,5 раз меньше для самцов и в 16—18 раз меньше для самок осенней жигалки, чем для мясной мухи *C. hominivorax*.

Коренной недостаток большинства хемотрестерилизаторов из числа алкилирующих веществ — их высокая токсичность, а во многих случаях и канцерогенность для человека. Правда, по некоторым исследованиям действие фосфорамидов этиленмина на костный мозг и семенники теплокровных животных обратимо, однако пока еще не установлено, при какой продолжительности действия этих хемотрестерилизаторов возможно восстановление утраченных функций.

В настоящее время ведутся интенсивные поиски хемотрестерилизаторов избирательного действия, эффективных только для насекомых и малоядовитых для человека. Так, например, был синтезирован метильный аналог ТЭФа — гексаметил-фосфорамид (ГМФ). Вследствие метилирования ТЭФа повышается продолжительность остаточного действия ГМФ. При инъекции, скормливании или нанесении на покровы насекомых ГМФ их стерилизуют, не понижая половой активности.

Производственные опыты на двух крупных птицефермах в США показали высокую эффективность ГМФ. Опрыскивание 2,5%-ным раствором ГМФ с сахаром два раза в неделю привело через 6—12 недель к полному исчезновению комнатных мух. Примечательно, что при аналогичном опрыскивании помета (два раза в неделю) 1%-ным водным раствором инсектицида трихлорфоса, известном у нас под названием хлорофоса, снизить численность комнатных мух более чем на 75% не удавалось в течение 16 недель опыта, несмотря на то, что залет мух извне был совершенно исключен, так как птицеферма отстояла на 19 км от ближайшего места выплода мух.

Кроме антиметаболитов и алкилирующих веществ, насекомых успешно стерилизуют соединения трифенилолова типа  $(C_6H_5)_3SnX$ , где X — различные органические ра-



Сперматозоид (А) и яйцо (Б) насекомого; я — ядро, ж — питательные (желточные) клетки. У насекомых яйца в десятки и сотни раз крупнее сперматозоидов, в которых ядро вплотную окружено оболочкой

дикалы и кислотные группы, а также некоторые вещества растительного происхождения (колхицин, масло из орехов стеркулии и др.)

Высокая токсичность большинства алкилирующих хемотрестерилизаторов для человека ограничивает их практическое применение в природной обстановке, которое пока сводится к борьбе с комнатной мухой в условиях минимального контакта с человеком и полезными животными (свалки, птицефермы и пр.). Нет сомнения, что, кроме ГМФ, в ближайшие годы будут найдены и другие химические мутагены избирательного действия, высокоактивные по отношению к насекомым и малоэффективные или неэффективные для теплокровных, что позволит применять их в природных условиях без риска побочных вредных последствий.

Уже теперь намечаются некоторые формы относительно безопасного применения химических мутагенов в природных условиях. Использование гранулированных хемотрестерилизаторов в отличие от опыливания и опрыскивания исключает их широкое рассеивание. Еще большая локализация применения хемотрестерилизаторов возможна путем привлечения некоторых вредных насекомых (например, ночных бабочек) на приманку в светоловушки с ультрафиолетовыми лампами. Добавление в состав гранул аттрактантов — специфических веществ, привлекающих только вредные виды и безразличных для опылителей, хищников и паразитов вредителей, позволит сохранить основную массу полезных насекомых.

Стерилизация насекомых в настоящее время быстро и успешно изучается во многих странах, и нет сомнений, что этот метод в ближайшие годы займет достойное место в системе борьбы с вредными насекомыми.

# Метеориты создали рельеф Луны

А. К. Мухамеджанов  
Кандидат технических наук

Профессор К. П. Станюкович



Кирилл Петрович Станюкович — физик-теоретик; известен работами по механике сплошной среды, ударным волнам и ряду других проблем. Развил теорию взрыва при ударе тел с космическими скоростями и разработал некоторые вопросы строения лунных кратеров.



Азад Киямович Мухамеджанов — инженер, задачами космогонии занимается недавно; написал несколько работ по физике удара и строению кратеров. Совместно с К. П. Станюковичем развил некоторые методы диагностики структуры лунного грунта, исходя из строения ударных кратеров.

В публикуемой статье история развития Луны трактуется главным образом с точки зрения метеоритной гипотезы. Это несколько одностороннее рассмотрение проблемы, так как несомненно, что в течение всего времени существования Луны в ее недрах развивались эндогенные тектонические силы, также формировавшие облик нашего спутника. Редакция считает, однако, что статья будет полезна читателям, поскольку авторы ярко обрисовывают возможную роль метеорного фактора на всех этапах развития Луны.

Более трех с половиной веков протекло со времени, когда Галилей направил первый телескоп в сторону Луны, положив начало новой науке — селенографии, до исторического момента мягкого прилунения советской автоматической станции «Луна-9» и передачи первых панорамных снимков ее поверхности. И все же, несмотря на столь почтенный возраст, наука о Луне до сих пор остается молодой. Она пока не имеет никакой достаточно общепризнанной и непротиворечивой теории, практическая потребность в которой уже возникла. Однако ни одна область науки не знает, пожалуй, такого обилия остроумных предположений и гипотез, которыми столь богато прошлое и настоящее селенологии. К счастью для нее, эта ошеломляющая «рождаемость» гипотез, объяснявших, как правило, лишь часть наблюдаемых явлений, компенсировалась их недолговечностью. Такой драматический ход развития представлений о Луне связан с комплексным характером проблемы, объединяющей сложные вопросы происхождения и динамики Луны, ее гравитационной и приливной эволюции, тепловой истории и внутреннего строения, характера ее рельефа и взаимодействия с внешними космическими факторами. Далеко не всегда и не во всех случаях эти отдельные структурные и динамические задачи селенологии выступают в органическом единстве, а явления обнаруживаются в достаточно прочной генетической связи. Это обстоятельство нередко и служило источником заблуждений для многих исследователей, вступивших на тернистый путь создания теории происхождения и эволюции Луны.

## Происхождение Луны

В вопросе о происхождении Луны как небесного тела долгое время пользовалась популярностью гипотеза Дж. Дарвина, согласно которой при совпадении периода собственных колебаний Земли с полупериодом ее осевого вращения возбуждаемая Солнцем приливная волна могла в резонансе с этими движениями привести к отрыву некоторой массы Земли и образованию Луны.

Хотя более подробный анализ этой гипотезы, проделанный Г. Д. Джеффрисом, показал ее несостоятельность и вскоре ее заменила гипотеза захвата, некоторые идеи Дарвина неожиданно воскресают в более поздних исследованиях Г. Юри. Имеется в виду его заявление в Национальной академии США о возможности отрыва Лу-

ной значительных количеств воды от земных океанов в процессе гравитационного захвата Луны Землей. К такому выводу Юри приходит в результате изучения фотоснимков лунной поверхности, полученных при помощи американских автоматических лунных станций «Лунар орбитер» и «Рейнджер». На этих снимках видны структуры, напоминающие застывшие грязевые потоки, которые заполнили углубления рельефа таким образом, как если бы лунное вещество обладало высокой текучестью. Обнаружено несколько направлений движения потоков, имеющих в ряде случаев большую протяженность. Отмечаются также каскады таких застывших потоков, спускающиеся по террасам высоких склонов кратера Коперник. Многочисленные оплавленные вкрапления, обнаруженные в метеоритах, Юри считает другим доводом, подтверждающим эту гипотезу. По его мнению, хорошо окатанную и оплавленную форму эти частицы могли приобрести лишь при сильном трении в потоке текучего вещества. В этой гипотезе, хотя в целом она и построена в духе современной теории захвата, видны следы теперь уже оставленной идеи Дарвина.

Наблюдаемые факты, на наш взгляд, можно все же попытаться объяснить менее экстравагантным образом, не привлекая идеи о гигантском массообмене в системе Земля — Луна и, пусть даже кратковременном, присутствии на лунной поверхности значительных количеств воды. Потоки могут быть связаны с квазижидким состоянием (сыпучестью) зернистых материалов. Присутствие же оплавленных частиц в метеоритах также проще объяснить как результат воздействия сильного трения при сжатии более рыхлых метеорных тел в итоге их взаимных столкновений с умеренными скоростями, не приводящими к дезинтеграции.

Позднее возникла гипотеза, допускающая одновременный рост масс в результате конденсации газа и пылевых частиц на двух центрах (зародышах конденсации) с формированием спутников из протяженной оболочки протопланеты (Г. Койпер, В. Г. Фесенков). Однако, как показала Е. Л. Рускол, это допущение сталкивается с серьезными трудностями из-за приливной неустойчивости такой системы в поле тяготения Солнца.

Несостоятельной оказалась также гипотеза о захвате спутника в готовом виде.

Наибольшей привлекательностью в отношении полноты набора физических процессов и корректности анализа обладает, несомненно, развиваемая в духе современных космогонических представлений гипотеза одновременного с планетой роста спутника из околопланетного роя тел в результате гравитационного захвата. При этом захват наиболее эффективным образом осуществляется при неупругих взаимных соударениях малых тел в окрестности растущих планеты и спутника, как это убедительно показала Е. Л. Рускол<sup>1</sup>.

## Загадки динамики Луны

Одной из загадочных особенностей динамики Луны является, как известно, поразительное совпадение периода ее собственного вращения с периодом обращения вокруг Земли<sup>1</sup>. Синхронность вращения и обращения оказалась сопряженной с другим не менее странным явлением — устойчивой ориентацией в направлении Земли именно того лунного полушария, поверхность которого содержит практически почти все лунные моря, занимающие 20% лунной поверхности. Однако до недавнего времени это было одной из тайн обратной стороны Луны; открытие резкой асимметрии в распределении морских образований между видимой и невидимой сторонами — выдающееся достижение советских ученых, впервые осуществивших исторический эксперимент по облету Луны и передаче фотографий ее обратной стороны. Значение этого открытия для космогонии, по всей вероятности, еще не нашло полной оценки.

Обнаружение асимметрии в распределении морей явилось тяжким испытанием для метеоритной и вулканической гипотез образования рельефа Луны. По-видимому, первая попытка истолкования асимметрии в связи с динамикой принадлежит известному астроному Зд. Копалу. Он связывает одностороннее образование морей с ударами крупных тел преимущественно по обращенному в сторону Земли лунному полушарию, оказавшемуся, по его мнению, погруженным в сферу Роша (окрестность планеты, где ее возмущающее действие препятствует гравитационному сближению и слипанию частиц, которые могли бы образовать спутник). При этом начальный момент количества движения лунного шара предполагается настолько малым, что допускается уравнивание периодов вращения и обращения путем постепенного увеличения периода обращения в результате приливного трения в системе. Производя обратную во времени экстраполяцию некоторых данных по скорости удаления Луны от Земли, Зд. Копал приходит к выводу, что в момент образования лунных морей (около 1800 млн лет назад) расстояние от Луны до Земли было равно примерно 17 000 км. Такому расстоянию соответствует лунный месяц продолжительностью около 10 дней<sup>2</sup>.

Противоположная по существу точка зрения высказана в пояснениях к вышедшей недавно в свет II части Атласа обратной стороны Луны. Согласно этой гипотезе, Луна некогда вращалась быстрее и этому вращению соответствовала определенная фигура равновесия. Предполагается, что эта фигура равновесия определялась скоростью вращения в период остывания Луны и образования твердой коры. Последующее значительное приливное торможение ее вращения привело к возникновению

<sup>1</sup> До недавнего времени полагали, что такое совпадение есть и у Меркурия. Более точные радарные наблюдения показали, однако, что период вращения Меркурия (около 60 суток) примерно на месяц меньше периода обращения.

<sup>2</sup> Среднее расстояние между центрами Луны и Земли в настоящее время составляет 384 395 км. Период обращения — 27,3 суток.



больших напряжений в коре и катастрофическому опусканию ее в полосе экватора. Объяснение асимметрии в распределении морей авторы усматривают в возможных локальных неоднородностях лунной коры. Преимущественное разрушение и опускание коры в местах с пониженной прочностью могло в сочетании с последующим приливным трением лавы в этих бассейнах резко оборвать собственное вращение спутника<sup>1</sup>.

В этой гипотезе, как нетрудно видеть, не накладывается никаких специальных требований на преимущественную и значительную ориентацию спутника или потока тел, как этого требует гипотеза Зд. Копала, и этим она, несомненно, выигрывает по сравнению с последней. Что же касается механизма образования морских бассейнов, так же как и объяснения асимметрии в их распределении, то эта гипотеза наталкивается на значительные трудности. В целом она привлекает внимание как новая серьезная попытка объяснения динамических и рельефных особенностей Луны с единой точки зрения, основанной на предпочтительном учете лишь внутренних (эндогенных) факторов.

Здесь мы дадим другую интерпретацию этих органически связанных особенностей Луны.

Вначале бегло рассмотрим основные морфологические и структурные черты морских бассейнов и крупных кратеров.

Для морских образований и очень крупных кратеров в целом характерна центральная вполне симметричная выпуклость (совпадающая в центральной части с усредненной равновесной поверхностью Луны), плавно понижающаяся в сторону берегов (вала), имеющих весьма крутые внутренние склоны. Морские бассейны не обнаруживают никаких следов действия односторонних или, в случае очень текучей лавы, симметричных относитель-

но центра обрушения (в плоскости вращения) приливных процессов, которые в гипотезе, высказанной составителями атласа, играют основную роль.

Между тем для морей и крупных кратеров характерна симметричная, а не асимметричная террасированность береговой полосы. Это говорит против гипотезы внезапной остановки. Неодинаковы и крупномасштабные особенности морских поверхностей. Например, поверхности Океана Бурь и Моря Облаков имеют складчатое строение. Эти характеристики морского рельефа, к которым можно было бы причислить еще ряд деталей, также не укладываются в схему обрушений коры и излияний жидкой лавы, внушают некоторые сомнения в плодотворности и данной модификации плутонической гипотезы. А можно ли объяснить все эти явления, не прибегая к новым гипотезам?

## Удары планетезималей

При взрывном проникании в лунную поверхность крупных тел, так называемых планетезималей, возникали гигантские воронки значительной глубины и соответственно выбрасывались большие массы грунта. Количественная теория этих процессов была развита К. П. Станюковичем<sup>1</sup>. Здесь мы ограничимся рассмотрением качественной картины явлений, происходивших при таком ударе.

Осколки грунта, выбрасываемого из кратера, имеют общую массу на несколько порядков (в зависимости от скорости) большую, чем масса метеорного тела, и некоторое распределение начальных скоростей. Малая часть наиболее легких из этих осколков, обладавших большой начальной скоростью, была выброшена в космическое пространство. Значительная доля более крупных частиц получила скорости, близкие к круговым и,

<sup>1</sup> См., например, К. П. Станюкович. «Метеоритика», 1950, вып. 7, стр. 39, а также «Искусственные спутники Земли», 1960, № 4.

### Рис. 1. Вверху

В однородных слабо сцементированных грунтах и прочных средах, подверженных хрупкому разрушению, ударные кратеры подобны по форме: отношение радиуса  $R$  к глубине  $H$  является константой. С ростом плотности  $\rho$  в глубину это отношение несколько увеличивается ( $\sim \sqrt{\rho}$ ), а сами кратеры с увеличением размеров несколько «мельчают». На определенной глубине  $H_0$  грунт теряет агрегатную твердость и переходит в состояние, близкое к пластическому. Для поликристаллических тел агрегатная твердость составляет  $5 \div 6 \cdot 10^7$  н/м<sup>2</sup>. Следовательно, для лунного грунта граница начала перехода в пластическое квазизжидкое состояние располагается на глубине 25–30 км. Положение дна кратера в начальный момент относительно этой границы вносит в процесс затекания воронки некоторое разнообразие. В середине.

В кратерах, начальная глубина которых мала по сравнению с  $H_0$ , происходит медленное, равномерное затекание за счет выравнивания гидростатического давления. Вязкие движения такого типа изучали Н. А. Хаскелл (1936) и Р. Ф. Скотт (1967). С увеличением глубины кра-

тера начинает преобладать вытеснение грунта из нижележащих слоев. Верхний слой грунта, устилающий поверхность кратера, по мере вытеснения центрального купола сдвигается к центру кратера, создавая здесь постепенно центральное жерло. На последних стадиях вытеснения образуются также террасы у внутренних склонов вала за счет сдвига слоев грунта снизу вверх.

### Внизу

Когда дно кратера в момент образования оказывается расположенным ниже граничной поверхности текучести, начинает преобладать вытеснение пластического грунта через горловину А—А. По мере подъема купола на стенках кратера слои сдвигаются снизу вверх и образуются террасы. Слой грунта, покрывающий купол, вначале сползает с последнего, а затем в процессе заполнения кратера этот слой постепенно перемещается к центру; при этом образуются, разрушаются и вновь возникают складки. Небольшие кратеры более позднего происхождения в процессе такого перемещения деформируются, образуя в конечном счете причудливую композицию расходящихся и вновь сливающихся складок



соответственно начальному распределению скоростей, стала обращаться вокруг Луны. Но поскольку эти осколки были выброшены симметрично относительно центра удара, с течением времени они в результате взаимных столкновений возвращались на поверхность Луны, образуя вторичные кратеры, случайным образом распределенные на поверхности Луны. Основная же масса осколков имела скорость значительно меньшую круговой и выпала на поверхность Луны, образовав гигантские кратерные поля сложной многокаскадной структуры, морфологически связанные с местом удара планетезималей. К ним мы еще вернемся ниже, а сейчас рассмотрим те изменения, которые претерпевала поверхность образовавшейся воронки.

Теория удара с большой скоростью, развитая К. П. Станюковичем, позволяет провести полный расчет геометрии кратера в начальный момент его образования. Согласно этой теории, глубина кратера в момент образования, например, Моря Ясности диаметром в 310 км, составляла около 80 км. При этом зона разрушения и мощных пластических деформаций простиралась на глубину около 300 км. Состояние грунта на такой глубине существенно отличается от твердого как из-за соответствующих этой глубине температуры и давления (примерно  $10^4$  кг/см<sup>2</sup>), так и благодаря той энергии, которая переходит в тепло при ударе (около 70% полной энергии удара).

Пока у нас нет необходимости предрешать вопрос о том, находилось ли в момент падения планетезималей вещество Луны на таких глубинах в расплавленном состоянии, в виде огненно-жидкой лавы, или же к моменту удара недра Луны имели температуру ниже температуры плавления (для кремнезема, например, в условиях Луны на этой глубине  $T_{пл} = 1600^\circ\text{C}$ ). Несомненно то, что вещество находилось в пластическом состоянии.

В результате локально возникшей асимметрии фигуры равновесия, это вещество затекало, а точнее, выдавливалось в кратер. Из-за ничтожной сжимаемости вещества при таких давлениях, затекание происходило не катастрофическим образом, особенно в заключительной стадии заполнения воронки. Время затекания очень крупных кратеров и морей определяется скоростью медленного процесса возврата фигуры Луны, сильно искаженной при ударе, к равновесной форме. Очевидно, что поверхность воронки по мере ее заполнения сокращается. При этом в силу больших сдвиговых деформаций происходит смятие и медленное перемалывание холодного поверхностного слоя грунта, образуются и вновь разрушаются складки. Такая широкая поперечная складка пересекает, например, Море Ясности. Океан Бурь и Море Облаков изобилуют причудливым веером складок. Характерно, что многие из них расходятся и смыкаются вновь. Эта особенность складок, не имевшая до сих пор убедительного объяснения, находит вполне непротиворечивое истолкование в данной модели образования морей — именно как результат медленного за-

текания гигантских кратеров. В процессе заполнения воронок поверхность последних подвергалась ударам метеоритов и главным образом непрерывно выпадавших осколков, которые рождали новые кратеры. Неравномерное по расстоянию от центра поднимающегося купола сокращение поверхности приводило к сдвиганию и сближению валов этих новых кратеров, а сдвиговые деформации — к постепенному их разрушению и размыванию вала.

С этой точки зрения легко установить и временную последовательность появления морей. Море Дождей образовалось позже Моря Ясности, а Море Облаков и Океан Бурь следует отнести к еще более поздним формациям. Наиболее поздний удар планетезимали привел к возникновению Моря Нектара, вокруг которого сохранилось характерное симметричное кратерное поле. Однако оно частично поглощено Морем Спокойствия, поверхность которого к моменту образования этого поля еще не пришла в равновесное состояние и располагалась ниже того массива, где возник кратер Моря Ясности.

Наша схема движения грунта<sup>1</sup> при образовании морей дает новое истолкование и таких странных особенностей структуры многих кратеров, как наличие центрального холма или пика. До сих пор такую структуру связывали с вулканическими эффектами. Эту точку зрения весьма серьезным образом подкрепляет существование в целом ряде случаев на вершине холма или пика углубления, напоминающего жерло вулкана. В рамках метеоритной гипотезы объяснения этому факту давались в виде малоубедительных статистических оценок вероятности попадания метеорита точно в центр купола или пика. Хотя образование центрального пика с формальной точки зрения безупречно вытекает из анализа разлета грунта, взорванного при ударе, однако эффект, предсказываемый теорией, следует, по-видимому, в данном случае признать сильно завышенным. Об этом свидетельствуют многие экспериментальные факты, в частности результаты наземных взрывов, а также опыты по удару, в которых подобного рода кратеры никогда не наблюдались. Далеко не всегда центральный пик можно встретить и у лунных кратеров. Не затрагивая статистической стороны этого вопроса, уточним существо того механизма, который приводит к образованию центрального пика или холма. В процессе выжимания грунта в воронку происходит сокращение поверхности кратера и своеобразное весьма медленное выворачивание конуса воронки. Центральное отверстие при этом получается естественным образом. На рис. 1 показана последовательность этих событий. С течением времени под действием сейсмических возмущений центральное углубление или полностью исчезает вследствие дальнейших обрушений грунта в пустую центральную часть или здесь сохраняется отверстие, подобное жерлу вулканического кратера, которое частично может быть заложено

<sup>1</sup> Заметим, что слоистые граневые формы у частиц лунного грунта были идентифицированы на панорамах, полученных со станции «Луна-9» В. М. Вахниним и Г. И. Змиевской («Докл. АН СССР», 1966, т. 170, № 3).

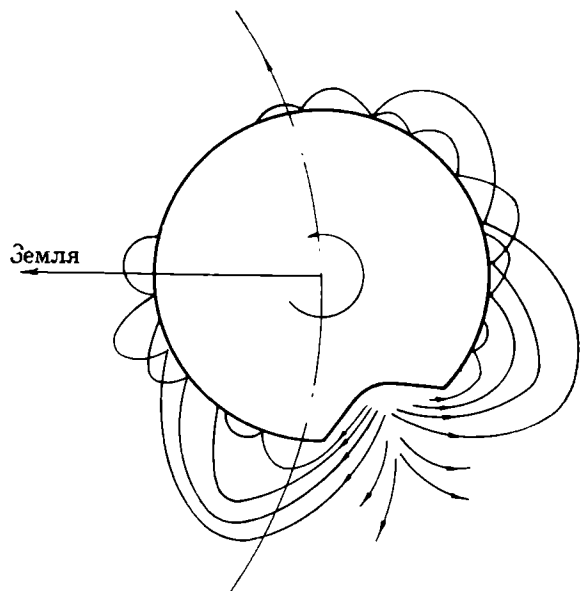


Рис. 2.

Разлет частиц лунного грунта с точки зрения земного наблюдателя. Сложение моментов планетезимали и Луны при ударе протекает, как сложный процесс. Волна сжатия, распространяется от места удара симметрично и практически не вносит никаких изменений во вращательное движение Луны. Основной, хотя и малый по сравнению с моментом планетезимали, вклад в изменение момента вращения Луны вносит разность угловых моментов частиц грунта, выбрасываемых в противоположные направления в плоскости вращения. Это движение имеет многокаскадный характер и сопровождается большой диссипацией энергии при многократных неупругих ударах. Условие сохранения суммарного момента количества движения относительно Земли приводит к выталкиванию лунного шара на орбиту, более удаленную от Земли

но сверху. В моменты последующих обрушений из такого жерла поднимаются облака пыли и газов, которые, по-видимому, и посчастливилось наблюдать Д. Алтеру и Н. А. Козыреву у кратера Альфонс. Все эти особенности, безусловно, поддаются точному анализу на основе методов механики сыпучих сред, и соответствующие результаты получены.

Краткий анализ подтверждает, таким образом, непротиворечивость нашей гипотезы в приложении к интерпретации структурных форм лунного ландшафта и одновременно показывает возможность иного истолкования физической истории Луны и ее поверхности в отличие от той, на наш взгляд, во многом весьма условной схемы, которая разрабатывается А. В. Хабаковым<sup>1</sup> и его учениками.

Вернемся к анализу особенностей динамики Луны, обусловленных асимметричным распределением морей и существованием некоторого пояса этих образований (включая депрессии обратной стороны Луны).

Сначала попытаемся выяснить, какие изменения момента вращения Луны вызывали удары космических тел, сопровождавшиеся катастрофическим выбросом огромных масс лунного грунта, сложным многокаскадным процессом перераспределения этих масс на поверхности Луны<sup>2</sup> и последующим более медленным заполнением ударных воронок. Ясно, что такие явления протекали в течение всей истории формирования Луны (и, разумеется, не только Луны). Однако в зависимости от размеров планетезималей и метеоритов масштабы явлений,

их течение, естественно, могли быть различными. Окажется, форма лунных кратеров сильно зависит от их размеров: крупные кратеры (диаметром около 100 км и более), как правило, имеют слегка выпуклое (почти плоское) дно; у кратеров диаметром 30—100 км есть центральный пик или холм, а кратеры размером 10—15 км и меньше, вплоть до размеров порядка метров, ничем практически не отличаются от конических взрывных воронок. Поэтому в случае крупных цирков с плоским дном и кратеров с центральным пиком следует учитывать также те изменения момента вращения Луны, которые связаны с выпрессовыванием вещества из более глубоких слоев (с меньшим удельным моментом вращения). Для кратеров диаметром менее 10—15 км существенным окажется перераспределение момента, связанное с симметричным относительно точки удара разлетом взорванного грунта. Эти особенности были нами детально изучены, и здесь мы ограничимся лишь их качественным описанием. Заметим, что многие последователи метеоритной гипотезы, признавая космическую бомбардировку Луны, видят, однако, в этом процессе лишь своеобразную косметическую процедуру, затрагивающую только «лик» Луны. Вычислим то изменение в периоде вращения Луны, которым она обязана своему теперешнему «лику». Однако вначале придется обсудить ряд не менее существенных явлений.

## Скорость и средняя величина планетезималей

Говоря о возникновении лунных морей в результате ударов планетезималей, мы сразу сталкиваемся с вопросом, какова была масса и скорость этих тел. Е. Л. Рускол, исходя из небесно-механических расчетов, сделала вывод, что Луна образовалась из околоземного роя тел, скорость которых, независимо от их массы,

<sup>1</sup> А. В. Хабаков. Об основных вопросах истории развития поверхности Луны, М., 1949.

<sup>2</sup> А. К. Мухамеджанов, К. П. Станюкович. «Космические исследования», т. 4, 1966, вып. 3, стр. 408; А. К. Мухамеджанов. «Астрономический вестник», т. 1, 1967, № 3, стр. 158.

была на орбите Луны весьма близкой к 1 км/сек. Возможно, однако, и другая точка зрения. Поскольку планетезималь могла до удара перемещаться по окололунной орбите, то ее скорость в окрестности Земли составляла бы 30 км/сек. Догоняя Луну, это тело перед столкновением должно было иметь относительно поверхности Луны скорость, равную в среднем 15 км/сек. В случае же тел, вращающихся около Земли, скорость их столкновения составляла бы от 2,4 до 3,4 км/сек (в среднем 3 км/сек). Какой же из этих скоростей следует отдать предпочтение?

Рассмотрим другой набор фактов. Море Дождей, например, имеет поперечник равный в среднем 900 км. Расчеты показывают, что кратер с таким поперечником образуется при взрыве заряда мощностью  $4 \cdot 10^{10}$  Мт тротила на глубине 120 км. Отсюда масса планетезимали при скорости соударения 3 км/сек составляет  $3,73 \cdot 10^{22}$  г, а поперечник при плотности около  $2 \text{ г/см}^3$  равен 330 км. Соответственно при соударении со скоростью 15 км/сек масса будет в 25 раз меньше  $\approx 1,5 \cdot 10^{21}$  г, а диаметр — 110 км. Масса грунта, выброшенного из этого кратера, равна  $1,3 \cdot 10^{23}$  г, т. е. всего на три порядка меньше массы Луны. По мощности этот взрыв превосходит все те катастрофические явления, с которыми человек когда-либо имел дело на Земле. Для сравнения укажем, что, например, энергия наиболее мощного землетрясения, происшедшего 31 января 1906 г. (с эпицентром в Эквадоре), составила в тротиловом эквиваленте всего 400 Мт. Тепловая энергия, с выделением которой связано образование в ноябре 1963 г. нового исландского вулкана (он поднялся на высоту 180 м над уровнем океана, имевшего здесь глубину 120 м), равна энергии взрыва 50 Мт тротила. Таким образом, известные на Земле даже наиболее мощные вулканические процессы оказываются в десятки и сотни миллионов раз менее энергичными по сравнению с ударными явлениями на Луне, которые сыграли решающую роль не только в образовании ее рельефа.

Детальный расчет для двух вариантов скорости соударения планетезимали при одинаковой кинетической энергии удара ( $4 \cdot 10^{13}$  Мт) показал, что в случае удара со скоростью 15 км/сек величина давления на фронте расходящейся полусферической волны сжатия, равного в начальный момент 3,3 Мбар, падает до гидростатического давления лишь на глубине около 800 км, т. е. примерно на  $\frac{1}{4}$  радиуса лунного шара. Это означает, что соударение с такой скоростью (при заданной полной энергии удара) является предельно катастрофическим для Луны и должно было привести к ее разрушению. Аналогичные вычисления для случая соударения со скоростью 3 км/сек дают глубину, на которой амплитуда волны сжатия сравнивается с гравитационным давлением, уже лишь в 465 км, т. е. примерно в пределах зоны выброса грунта. Эти расчеты показывают, таким образом, что скорость соударения при образовании морей не превышала 3 км/сек. Эффективность столкновительного захвата, как показала Е. Л. Рускол, существенно зависит от размеров тел, сталкивающихся

в окрестности Земли, причем теория ограничивает максимальный размер поперечника этих тел десятками или одной-двумя сотнями километров. После того как мы установили, что скорость тела, которое при столкновении с Луной образовало Море Дождей, соответствует скорости тел околоземного роя, нетрудно вычислить размеры планетезималей, образовавших и другие морские бассейны. В таблице приведены значения энергии, массы и размеры планетезималей, рассчитанные по размерам морских образований согласно теории удара. Гипотеза Е. Л. Рускол о происхождении Луны из околоземного роя крупных тел получает, таким образом, в наших расчетах новую аргументацию.

## Удары планетезималей и момент вращения Луны

Перейдем теперь к анализу изменений момента вращения Луны в результате ударов таких тел. Сейчас важно проследить, каким образом при ударе «поглощается» момент количества движения планетезимали.

В теории аккумуляции планет из роя тел прямое вращение планет обычно связывают с асимметрией ударов околопланетных тел относительно линии орбиты растущей планеты. Если принять, что скорости тел в рое зависят от расстояния по закону взаимодействия околопланетных частиц с растущей планетой, то наблюдаемое примерное равенство периодов вращения планет получается, как это показал В. С. Сафронов, при допущении постоянства прицельного расстояния для всех падающих тел. Это допущение как раз хорошо согласуется с механизмом передачи момента при ударах крупных тел.

При ударе тела в поверхность Луны с небольшой скоростью ( $\approx 3$  км/сек) глубина проникания не превышает радиуса тела, а от места удара в глубь лунного шара распространяется полусферическая симметричная ударная волна, вырождающаяся на больших глубинах в звуковую. Энергия, уносимая упругой волной сжатия, невелика и составляет лишь несколько процентов от полной энергии взрыва. В силу симметричности волны передачи момента импульса планетезимали в процессе удара не происходит. Но куда в таком случае девается этот момент? Дело в том, что при соударении с большой скоростью несколько нарушается тот однообразный характер событий, который имеет место при столкновении абсолютно твердых шариков. Наблюдая с Земли за процессом удара и разлета, мы заметили бы, что даже при симметричном относительно точки удара разлете грунта скорость частиц в направлении вращения лунного шара оказывается больше, чем в противоположную сторону (рис. 2). Однако при последующем падении взорванного грунта вновь происходит неупругий удар, но для этого вторичного процесса диссипация энергии из-за малых скоростей соударения будет меньше, чем для первичного. Рассматривая все последующие ступени этого сложного

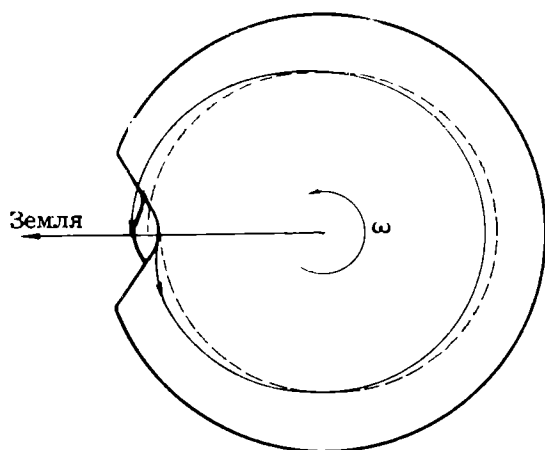


Рис. 3

Процесс выпрессовывания грунта в кратерную воронку ускоряется в положении, когда последняя видна с Земли. Одновременно это приводит к замедлению вращения Луны из-за «всплывания» вещества с меньшим удельным моментом на большее расстояние от центра вращения. Пунктирная линия соответствует движению дна кратера при неориентированном выпрессовывании грунта. Близкая к ней сплошная линия показывает это же движение с учетом приливной силы

многокаскадного процесса, мы все же убедимся в том, что момент импульса вследствие очень большой и симметричной диссипации энергии планетезимали при ударе даст очень малый вклад в момент вращения планеты или спутника. Результатом такого сложного процесса взаимодействия будет уменьшение полной (орбитальной + вращательной) энергии лунного шара и планетезимали после соударения. Но тогда в согласии с законом Кеплера должен возрасти период обращения ( $T \sim E^{-3/2}$ ). Следовательно, мы приходим к выводу, что в процессе соударения крупных тел из околоземного роя с Луной происходило постепенное удаление ее от Земли.

Принято считать, что удаление Луны от Земли происходит только в результате приливного трения в этой системе. (Приливное рассеяние вращательной энергии Земли, рассчитанное для всего океана Г. Д. Джеффрисом, составляет  $2,2 \cdot 10^{19}$  эрг/сек.) Для объяснения наблюдаемой сейчас скорости удаления

Луны от Земли достаточно, чтобы в тепло переходило  $1,41 \cdot 10^{19}$  эрг/сек вращательной энергии. Однако в процессе аккумуляции, когда Луна еще подвергалась ударам крупных тел, роль приливного трения была совершенно ничтожной по сравнению с вкладом ударной диссипации.

Как показали наши расчеты (см. табл.), затраты на тепловую и потенциальную энергию деформации, на дробление и выброс грунта при скорости удара 3 км/сек составляют около 90% всей энергии удара. Поэтому диссипация энергии, например при образовании Моря Дождей, эквивалентна действию приливного трения в течение примерно 3,6 млн лет.

Оценим вклад от диссипации кинетической энергии современного потока метеоритов в процесс удаления Луны от Земли. Пользуясь данными наблюдений о потоке метеоритов на Землю и распределении частиц этого потока по массам и полагая среднюю скорость частиц в окрестности Земли относительно нее равной 15 км/сек, можно получить следующую величину скорости диссипации в расчете на всю лунную поверхность:  $E = 1,3 \cdot 10^{21} M^{2/3}$  эрг/год, где  $M$  — масса наибольшей частицы в потоке. Эта величина сравнивается с современной скоростью диссипации за счет приливного трения, если положить  $M = 2 \cdot 10^8$  г. Оценка вероятности удара тела с такой массой о поверхность Луны показывает, что подобное событие может иметь место один раз за 300 лет (при современном, разумеется, потоке метеоритов).

Возвращаясь к нашей первоначальной задаче, мы приходим, таким образом, к выводу, что на последней стадии аккумуляции тел околоземного роя Луна весьма усиленно «выталкивалась» из ближней окрестности Земли и период ее обращения возрастал. Но как же все-таки осуществилась синхронизация вращения и обра-

Таблица

| Море        | Средний диаметр (км) | Масса грунта, выброшенного из кратера ( $\times 10^{16}$ т) | Энергия взрыва ( $\times 10^9$ Мт) | Масса планетезимали ( $\times 10^{14}$ т) | Радиус планетезимали (км) |
|-------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|
| Ясности     | 575                  | 74,50                                                       | 7,95                               | 3,71                                      | 76,5                      |
| Изобилия    | 550                  | 65,0                                                        | 6,31                               | 2,95                                      | 70,8                      |
| Облаков     | 500                  | 49,10                                                       | 5,0                                | 2,34                                      | 65,5                      |
| Кризисов    | 400                  | 25,10                                                       | 2,51                               | 1,17                                      | 52,0                      |
| Влажности   | 350                  | 16,80                                                       | 1,58                               | 0,74                                      | 43,9                      |
| Краевое     | 300                  | 10,60                                                       | 0,89                               | 0,41                                      | 36,6                      |
| Нектара     | 295                  | 10,0                                                        | 0,79                               | 0,37                                      | 35,4                      |
| Позлащенное | 275                  | 8,16                                                        | 0,63                               | 0,29                                      | 32,6                      |
| Смита       | 250                  | 6,16                                                        | 0,50                               | 0,23                                      | 30,2                      |
| Паров       | 200                  | 3,14                                                        | 0,32                               | 0,15                                      | 26,2                      |
| Москвы      | 170                  | 1,92                                                        | 0,13                               | 0,06                                      | 19,3                      |

щения Луны и предпочтительная ее ориентация в сторону Земли именно «морской» стороной?

Мы рассмотрели ударное взаимодействие планетезимали с Луной и убедились в том, что диссипация энергии при ударе приводит к увеличению периода обращения. Оказывается, однако, что и период вращения также увеличивается. В процессе разлета грунта определенная доля его выбрасывается в верхние и нижние широты (к полюсам), что приводит в результате последующих неупругих соударений к потере момента вращения, а это, независимо от асимметрии точек удара относительно линии орбиты, всегда тормозит вращение. Но даже асимметричное распределение морских бассейнов непосредственно не позволяет объяснить наблюдаемую предпочтительную ориентацию лунного шара, если, конечно, следуя Зд. Копалу, не погрузить слабо вращающуюся Луну точно одним полушарием в сферу Роша и не переждать 1800 млн лет, откуда период ее вращения не совпадет с периодом обращения. Согласно Зд. Копалу, как раз недавно это наконец-то произошло. Вызывают большие сомнения и другие стороны этой гипотезы.

Анализ динамики кратерообразования и тех сложных пертурбаций момента количества движения и энергии, которые ему сопутствуют, приводят нас к совершенно отличной картине синхронизации вращения и обращения Луны. Покажем, каким образом, допуская вполне естественную (вероятностную) асимметрию ударов планетезималей, можно все же объяснить странную ориентацию Луны. К рассмотренным выше эффектам, которые приводят к увеличению периода обращения и вращения, следует добавить еще одно, уже упоминавшееся, крайне своеобразное явление — выпрессовывание вещества в гигантские ударные воронки, образуемые на лунном шаре при столкновении с планетезималями. Эти, реликтовые теперь, процессы происходили в те отдаленные периоды времени, когда Луна еще не успела сколько-нибудь расплавиться от радиогенного тепла. Но вещество лунного шара на больших глубинах находилось в пластическом состоянии. Выбросы гигантских масс веществ к полярным областям Луны приводили не только к уменьшению ее момента вращения, но и меняли ее фигуру таким образом, что она оказалась несколько вытянутой в направлении полюсов. В процессе медленного гравитационного фигурирования Луны в ударные воронки постепенно выпрессовывалось вещество из более глубоких слоев, а в области полюсов происходило постепенное опускание грунта. Но выпрессовывание вещества в свою очередь сопровождалось уменьшением частоты вращения (разумеется, при условии сохранения полного момента вращения), поскольку в воронки затекало вещество с меньшим удельным моментом импульса.

Если проследить, как шел процесс выпрессовывания в различные фазы Луны, то можно заметить, что, независимо от скорости ее вращения, в периоды, когда Луна была обращена в сторону Земли той полусферой,

которая содержит наибольшее число самых крупных «морских» кратеров, процесс выпрессовывания ускорился, а вращение, очевидно, замедлялось (рис. 3).

В этом сложном нелинейном процессе мы видим тот механизм, который привел к синхронизации этих двух движений, причем вполне допустима его количественная оценка. Вычисления, проведенные с учетом размеров современных морских бассейнов, показали, что период вращения Луны до образования ее морей только на видимой стороне был в 1,4 раза меньше, чем наблюдается сейчас. Это означает, что за лунный месяц Луна успевала совершить примерно 1,5 оборота вокруг своей оси. Объяснение того, что Луна, образовавшаяся путем аккумуляции крупных тел, вообще никогда не вращалась быстро, содержится в нашем анализе передачи момента импульса при космических соударениях. Одновременно этот анализ подтверждает гипотезу происхождения Луны путем аккумуляции как раз крупных тел из околоземного роя.

Таковы некоторые результаты исследований странностей динамики Луны и ее рельефа. Они позволяют, на наш взгляд, более уверенно заглянуть за ту завесу, которая скрывала эти загадочные особенности движения Луны.

# Географические прогнозы

Профессор Ю. Г. Саушкин



Юлиан Глебович Саушкин — доктор географических наук, заведующий кафедрой экономической географии Советского Союза в Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова. Работает в областях теоретической географии, теории экономического районирования, хозяйственной оценки природных условий и ресурсов. Автор книг «Введение в экономическую географию» (1958), «Москва», «Экономическая география и народное хозяйство» (1962), и др.

Научное прогнозирование будущего природы, человека, технического прогресса, общественной жизни с каждым днем приобретает все большее значение.

Во многих странах мира созданы сотни научных институтов, ведущих прогнозирование на десятки лет вперед. Растет число научных работ, дающих прогноз будущего. В большинстве случаев прогнозы охватывают перспективы научно-технического прогресса, экономического и социального развития на 15—20 (25—30) лет вперед. Для прогнозирования избираются такие даты, как 1980, 1985, 1990, 2000 годы.

Но пока еще немногие отдают себе отчет в том, что современное прогнозирование теряет свое значение, если ограничиваться только прогнозом развития науки, техники, производства, общества и исключить прогноз будущего окружающей географической среды.

Географическая среда (геосреда) — это система природных комплексов (геосистема по В. Б. Сочава), измененная трудом и жизнедеятельностью человеческого общества. Развитие этой системы определяется взаимодействием природы и общества, обменом веществ между человеком и природой.

Для нашего времени характерен стремительный рост обмена веществ между человеком и природой, происходящей в геосреде. Происходит невиданное ранее ускорение процессов развития геосреды, и чем скорее она изменяется, тем сильнее и резче сказывается ее влияние на развитие общества, прежде всего его материально-технической базы.

Надо заметить, что до недавнего времени недооценивались как большие скорости естественных процессов в геосистеме (без влияния человеческой деятельности), так и (особенно) колоссальное нарастание этих процессов под влиянием человека — процессов антропогенных. На Третьей научно-технической конференции по картографии (Иркутск, январь — февраль 1968 г.), где был организован симпозиум «Картографирование динамики географических явлений и составление прогнозных карт», приводилось много интересных фактов о скорости естественных и антропогенных процессов. В. В. Плотников на материале обследования 100 наносных островов в верхнем течении Вишеры доказал, что время образования островов со стадией пионерной травянистой и несомкнувшейся кустарниковой растительности в среднем составляет 13,5 лет, время формирования на этих островах стадии ивняка — 85 лет и, наконец, стадии темнохвойного леса — 235 лет. А. А. Земцов и Д. А. Бураков, сопоставляя картографические материалы по формированию русла Оби, начиная с 1900 г., пришли к выводу, что скорость смещения этого русла (у гор. Колпашево) составляет 7—12 м в год и что интенсивный период размыва русла здесь будет продолжаться еще 120—130 лет. Наконец, на этом симпозиуме В. М. Фридланд привел ряд данных о перестройке под влиянием деятельности человека типа

почвообразования, которая требует или ряда лет (засоление орошаемых почв — 4 года), или немногих десятилетий (превращение красноземных почв в латериты — до 40 лет).

Недооценивалось и влияние геосреды на развитие человеческого общества. Многие философы до недавнего времени считали, что скорости развития геосреды и общества несопоставимы и что медленно развивающаяся геосреда не может сильно влиять на быстро идущее вперед общество.

Современная наука пересмотрела и эти взгляды. Скорости развития изменяемой человеком геосреды и общества вполне соизмеримы. Многие города, оазисы, промышленные районы существуют сотни и тысячи лет. За это время на их территории происходили значительные поднятия (или опускания) земной коры, колебания климата, изменения стока рек и качества воды, изменения растительности, почв, развития овражной сети и т. д. Эти изменения требовали больших вложений труда и средств, новых методов строительства, новых сооружений, огромной концентрации воздействия населения на геосреду, которая вызывала ответную «реакцию» природы и, таким образом, требовала новых и новых сооружений.

Прогноз на будущие десятилетия требует от науки не только предвидения изменений в технике, экономике, социальном развитии, но и определения путей развития геосреды, характера взаимодействия геосреды и общества, выяснения «узких мест» обмена веществ между человеком и природой.

Советская прогностика при всей своей молодости развивается широко и комплексно, охватывает значительно больше взаимосвязей разных сторон будущего, чем футурология в капиталистических странах. Прогнозирование в СССР и других социалистических странах характеризуется прежде всего марксистским методом научного определения путей социального развития человечества. Именно марксистский метод прогнозирования позволяет определить пути человечества к социализму — коммунизму. Этот метод в наибольшей степени раскрывает возможности материальной и духовной жизни человека в будущем. Комплексность постановки и решения важнейших проблем развития всего материального мира в целом — и мира природы, и мира общественной жизни, — характерная для марксизма, соединяет социально-экономический и географический прогнозы в единое целое. Прогноз взаимодействия общества с геосредой выдвинут и решается советской наукой, прежде всего советской географией. Комплексное географическое изучение явлений природы, населения, народного хозяйства и культуры в их взаимной связи по странам и районам, свойственное советской географической науке, позволяет «географизировать» прогнозы, что придает им большую реальность, жизненность и правдивость.

Особое значение имеет территориальность прогнозирования, что тоже связано с его географическими ас-

пектами. Природные, социальные, экономические явления, как правило, асинхронны и неравномерно развиваются и во времени, и в пространстве. Поэтому об этих явлениях нельзя говорить «вообще» — они всегда строго региональны. Региональный аспект прогнозирования обязателен. В границах регионов соединяются и взаимодействуют друг с другом самые разнообразные явления с различными скоростями и «знаками» развития, образуя при этом закономерные территориальные сочетания — региональные комплексы.

Прогноз любого явления должен рассматриваться в той или иной системе региональных комплексов и в большей степени зависит от перспективного развития этих комплексов. Так, например, прогноз народного хозяйства СССР на 25—30 лет вперед сильнейшим образом связан с определением перспективной системы экономических районов страны и географического разделения труда между ними. Прогнозирование тесно связано с районированием. Эти два процесса взаимно дополняют друг друга, образуют единое целое. Вот несколько «пар»: прогнозирование землетрясений — сейсмическое районирование; экономическое прогнозирование — экономическое районирование; прогнозирование речного стока и водных ресурсов — гидрологическое районирование, и т. д. При опоре на районирование прогноз становится более точным. В свою очередь, имея в виду задачу составления прогнозов, районирование становится более действенным, целенаправленным, выходит из рамок описательности, фотографирования действительности.

Советская география, занимающая в настоящее время ведущее место в мировой науке по теории и практике физико-географического, экономического и других видов природного и социально-экономического районирования, вносит новую струю в прогностику в виде регионального аспекта прогнозирования. В свою очередь практика прогнозирования настоятельно требует много нового и от работ по районированию, которое во всех основных областях географического изучения природы, населения, хозяйства, культуры должно стать районированием перспективным, устремленным вперед.

Современный прогноз охватывает много сторон единого материального мира. В центре прогнозирования, конечно, находится будущее человеческого общества. Поэтому решающая роль в прогнозировании принадлежит социологии и экономическим наукам. Но система «общество» не является замкнутой. Развитие этой системы зависит и от развития другой системы — «природа». В свою очередь влияние человеческой деятельности на природу стало очень сильным и непрерывно возрастает. Природные и производственные процессы стали односторонними. Мало того, в ряде случаев сила воздействия человека на природу стала намного опережать естественный процесс развития природы. В этих условиях прогнозирование не может





какие цепные реакции возникнут, усилятся, ослабнут в системе «геосреда — общество».

Географическое прогнозирование включает следующие последовательные звенья:

А. Прогнозы спонтанного (без влияния человеческой деятельности) развития природных процессов на земной поверхности (в «географической оболочке») с выделением таких сторон будущего, которые особенно важны для перспектив человечества. Для подобных прогнозов исключительно важно, чтобы географы, которые имеют разные специальности, устанавливали циклы, ритмы, тенденции развития и скорости всей совокупности спонтанных природных процессов.

Климатические циклы и ритмы в истории геосистемы, в том числе в исторический период (т. е. примерно за последние 10 тыс. лет), были установлены рядом крупных русских географов, в том числе Л. С. Бергом, К. К. Марковым, В. Н. Шнитниковым, Б. П. Алисовым, Г. К. Тушинским. Выявилась закономерная периодичность этих длительных циклов и более коротких ритмов. Была замечена их метакронность, которая ведет к тому, что потепление в одних районах может сопровождаться похолоданием в других, т. е. знаки и направления ритмов колебаний климата не однозначны и зависят от комплекса географических условий.

Познание закономерностей в климатических циклах и ритмах имеет большое значение для их прогноза. Речь идет о долгосрочных прогнозах на десятки и сотни лет вперед. С ними связаны и прогнозы снежности, ледового покрова, частоты и силы лавин, водности рек, уровней озер, повторяемости засух и многих других явлений, оказывающих сильное влияние на народное хозяйство, на новое строительство, на жизнь людей — их здоровье, отдых, быт.

Циклична и жизнь земной коры. Например, есть попытки установить закономерности в частоте и силе землетрясений и в их повторяемости для прогноза сейсмических явлений будущего.

Пока еще гипотетична общая связь циклов и ритмов земной коры с климатическими, гидрологическими и биологическими циклами и ритмами. Но такую связь заметили такие русские ученые, как В. И. Вернадский, М. А. Боголепов, Б. Л. Личков. Развитие их идей имеет очень большое значение для прогноза всего комплекса спонтанных природных условий геосистемы.

Б. Прогноз развития «исторической природы», т. е. изменяемой человеком геосреды со всем комплексом сооружений и мер по ее преобразованию и хозяйственному использованию и со всеми теми благоприятными и неблагоприятными последствиями, которые

Таблица

**Прогноз использования природных ресурсов и развития производительных сил территориально-производственных районных комплексов СССР на 2000 год\***

| Районные территориально-производственные комплексы 2000 года | Добыча нефти | Добыча природн. газа | Добыча коксующ. углей | Добыча энерг. углей | Добыча железных руд | Разработка леса | Орошение земель | Экспл. подземных вод | Атомная энергетика | Производство черного металла | Производство меди | Добыча алмазов | Добыча и произв. редких металлов | Доб. и произв. драгоцен. металлов | Энергоемкие отрасли химии | Трудоемкие отрасли химии | Произв. металлург. алюминия | Произв. минер. удобр. | Производство машин | Производство бумаги | Производство корм. белков | Производство зерна | Производство мяса | Производство сахара | Гидроэнергетика | Лов и переработка рыбы | Производство натур. и синтетич. тканей | Произв. натур. и синтетич. кожи и обуви |
|--------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------|-----------------|----------------------|--------------------|------------------------------|-------------------|----------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|-----------------|------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1. Центрально-промышленный                                   | 0            | 1                    | 0                     | 3                   | 0                   | 1               | 0               | 2                    | 5                  | 3                            | 0                 | 0              | 0                                | 0                                 | 3                         | 4                        | 3                           | 3                     | 5                  | 1                   | 3                         | 2                  | 4                 | 0                   | 4               | 0                      | 5                                      | 4                                       |
| 2. Северо-Западный                                           | 2            | 1                    | 0                     | 0                   | 1                   | 2               | 0               | 1                    | 5                  | 3                            | 1                 | 0              | 5                                | 2                                 | 2                         | 4                        | 4                           | 4                     | 4                  | 3                   | 0                         | 1                  | 2                 | 0                   | 4               | 4                      | 3                                      | 4                                       |
| 3. Прибалтийский                                             | 2            | 2                    | 0                     | 0                   | 0                   | 1               | 0               | 2                    | 3                  | 0                            | 0                 | 0              | 0                                | 0                                 | 0                         | 3                        | 0                           | 4                     | 4                  | 1                   | 3                         | 2                  | 4                 | 1                   | 4               | 4                      | 3                                      | 3                                       |
| 4. Белорусский                                               | 3            | 2                    | 0                     | 0                   | 0                   | 1               | 0               | 2                    | 3                  | 0                            | 0                 | 0              | 0                                | 0                                 | 0                         | 0                        | 0                           | 4                     | 4                  | 1                   | 3                         | 2                  | 4                 | 1                   | 4               | 4                      | 3                                      | 3                                       |
| 5. Центрально-железнодорожный                                | 0            | 0                    | 0                     | 0                   | 5                   | 0               | 1               | 3                    | 5                  | 4                            | 0                 | 2              | 5                                | 0                                 | 0                         | 0                        | 3                           | 4                     | 3                  | 0                   | 0                         | 4                  | 5                 | 3                   | 2               | 0                      | 0                                      | 0                                       |
| 6. Волго-Вятский                                             | 3            | 2                    | 0                     | 0                   | 0                   | 2               | 0               | 1                    | 4                  | 2                            | 0                 | 0              | 0                                | 0                                 | 3                         | 3                        | 0                           | 4                     | 4                  | 2                   | 2                         | 2                  | 0                 | 0                   | 2               | 2                      | 4                                      | 0                                       |
| 7. Двино-Печерский                                           | 3            | 4                    | 3                     | 3                   | 0                   | 3               | 0               | 0                    | 0                  | 0                            | 0                 | 0              | 3                                | 0                                 | 0                         | 0                        | 0                           | 0                     | 1                  | 3                   | 0                         | 2                  | 2                 | 0                   | 2               | 0                      | 0                                      | 0                                       |
| 8. Поволжский                                                | 4            | 1                    | 0                     | 0                   | 0                   | 0               | 3               | 3                    | 3                  | 2                            | 0                 | 0              | 0                                | 0                                 | 0                         | 0                        | 3                           | 3                     | 4                  | 0                   | 4                         | 4                  | 2                 | 0                   | 0               | 2                      | 2                                      | 2                                       |
| 9. Донецкий                                                  | 0            | 0                    | 5                     | 3                   | 0                   | 0               | 1               | 2                    | 5                  | 4                            | 0                 | 0              | 5                                | 0                                 | 0                         | 0                        | 3                           | 3                     | 4                  | 0                   | 0                         | 3                  | 3                 | 0                   | 3               | 0                      | 2                                      | 0                                       |
| 10. Днепровско-Криворожский                                  | 0            | 0                    | 0                     | 0                   | 4                   | 0               | 2               | 2                    | 5                  | 4                            | 0                 | 0              | 5                                | 0                                 | 0                         | 0                        | 4                           | 3                     | 4                  | 0                   | 0                         | 3                  | 3                 | 0                   | 0               | 2                      | 0                                      | 0                                       |

\* Таблица составлена по методу баллов. Цифра 5 означает крупнейшие размеры (использования природных ресурсов и производства — промышленного и сельскохозяйственного); 4 — очень крупные; 3 — большие; 2 — средние; 1 — незначительные; 0 — отсутствие. Контуры 30 районных территориально-производственных комплексов СССР нанесены на схему (стр. 37).

вызывает в ней деятельность людей. Работы в этом направлении, начатые у нас еще А. И. Воейковым (за рубежом — Г. П. Маршем и Э. Реклю) и далее проводившиеся В. В. Докучаевым, В. И. Талиевым и другими учеными, к сожалению, затем не получили развития.

Только в настоящее время проблема целенаправленного изменения геосреды снова приковала к себе внимание науки, стала одной из коренных проблем современности. При этом выявилось отставание географической науки от насущных задач изучения геосреды и прогнозирования ее будущего. Причины этого отставания заключаются, в частности, в игнорировании некоторыми физикогеографами огромной силы воздействия человеческой деятельности на геосреду (что ведет не только к количественным, но и к коренным качественным изменениям этой среды), в еще существующем разрыве между физической и экономической географией, вследствие которого, с одной стороны, не принимаются во внимание огромная роль изменений геосреды в хозяйстве и жизни людей, и с другой — необходимость экономической оценки мер по изменению геосреды и их результатов. До сих пор накоплено мало количественных данных о скоростях и направлениях развития разных компонентов геосреды и ее территориальных комплексов при различной силе и типе воздействия общества на геосреду. Также еще очень

мало экономических показателей стоимости работ по целенаправленному изменению геосреды и стоимости прироста продукции, полученного в результате такого изменения (с учетом и убытком из-за непредвиденных отрицательных сторон изменения геосреды). Чтобы дать правильный прогноз развития геосреды нужен целостный взгляд и на природу, и на общество, необходимо сопоставление и соизмерение природных и производственных процессов. Отсюда вытекает и признание первостепенной роли теоретической географии как базы единства всего комплекса географических наук.

В. Прогноз дальнейшего освоения, использования, охраны, истощения, восстановления и целенаправленности изменения природных ресурсов и условий жизни и труда, которые человечество черпает из геосреды. Пока еще это наименее разработанная область науки. Вместе с тем она имеет наибольшее практическое значение.

Подобный прогноз зависит от того, какими темпами будет расти население земного шара и каковы будут дальнейшие ступени современной научно-технической революции.

Темпы роста населения, имеющие в настоящее время характер «демографического взрыва», в дальнейшем постепенно будут снижаться. Это связано с общим

Таблица (продолжение)

**Прогноз использования природных ресурсов и развития производительных сил территориально-производственных комплексов СССР на 2000 год**

| Районные территориально-производственные комплексы 2000 года | Добыча нефти | Добыча природн. газа | Добыча консулж. углей | Добыча энерг. углей | Добыча железных руд | Заготовка леса | Орошение земель | Экспл. подземных вод | Атомная энергетика | Пронзв. черн. металла | Производство меди | Добыча алмазов | Добыча и пронзв. редких металлов | Доб. и пронзв. драгоцен. металлов | Энергоемкие отрасли химии | Трудоёмкие отрасли химии | Пронзв. металлург. алюминия | Пронзв. минер. удобр. | Производство машин | Производство бумаги | Производство корм. белков | Производство зерна | Производство мяса | Производство сахара | Гидропоника | Лов и переработка рыбы | Производство натур. и синтетич. тканей | Пронзв. натур. и синтетич. кожи и обуви |
|--------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|----------------|-----------------|----------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|----------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------|------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 11. Северо-Украинский                                        | 1            | 2                    | 0                     | 0                   | 4                   | 0              | 1               | 2                    | 5                  | 0                     | 0                 | 0              | 0                                | 0                                 | 2                         | 3                        | 0                           | 3                     | 5                  | 0                   | 3                         | 3                  | 3                 | 2                   | 3           | 0                      | 0                                      | 4                                       |
| 12. Центрально-Украинский                                    | 1            | 1                    | 0                     | 1                   | 0                   | 0              | 0               | 2                    | 3                  | 0                     | 0                 | 0              | 0                                | 0                                 | 0                         | 5                        | 0                           | 4                     | 4                  | 0                   | 3                         | 4                  | 4                 | 5                   | 3           | 0                      | 4                                      | 5                                       |
| 13. Западно-Украинский                                       | 3            | 2                    | 0                     | 1                   | 0                   | 1              | 0               | 2                    | 3                  | 0                     | 0                 | 0              | 2                                | 0                                 | 2                         | 5                        | 0                           | 3                     | 4                  | 0                   | 3                         | 3                  | 4                 | 5                   | 4           | 0                      | 4                                      | 4                                       |
| 14. Причерноморский                                          | 1            | 2                    | 0                     | 0                   | 0                   | 0              | 2               | 3                    | 3                  | 0                     | 0                 | 0              | 0                                | 0                                 | 0                         | 2                        | 0                           | 0                     | 3                  | 0                   | 0                         | 3                  | 2                 | 0                   | 4           | 3                      | 2                                      | 2                                       |
| 15. Северо-Кавказский                                        | 3            | 4                    | 0                     | 0                   | 0                   | 1              | 3               | 3                    | 3                  | 3                     | 0                 | 0              | 3                                | 2                                 | 2                         | 4                        | 0                           | 3                     | 3                  | 2                   | 4                         | 5                  | 5                 | 3                   | 2           | 2                      | 3                                      | 3                                       |
| 16. Закавказский                                             | 3            | 2                    | 0                     | 1                   | 2                   | 1              | 3               | 3                    | 4                  | 2                     | 2                 | 0              | 3                                | 2                                 | 2                         | 4                        | 3                           | 3                     | 3                  | 2                   | 3                         | 1                  | 2                 | 0                   | 3           | 2                      | 3                                      | 4                                       |
| 17. Прикаспийский                                            | 4            | 4                    | 0                     | 0                   | 0                   | 0              | 3               | 3                    | 3                  | 2                     | 0                 | 0              | 0                                | 3                                 | 0                         | 2                        | 0                           | 3                     | 2                  | 2                   | 3                         | 3                  | 2                 | 0                   | 0           | 4                      | 0                                      | 0                                       |
| 18. Западно-Уральский                                        | 4            | 2                    | 0                     | 1                   | 0                   | 2              | 0               | 2                    | 4                  | 5                     | 1                 | 4              | 2                                | 2                                 | 2                         | 2                        | 0                           | 3                     | 4                  | 2                   | 3                         | 2                  | 2                 | 2                   | 2           | 0                      | 0                                      | 0                                       |
| 19. Восточно-Уральский                                       | 0            | 0                    | 0                     | 1                   | 1                   | 3              | 0               | 3                    | 5                  | 5                     | 4                 | 0              | 4                                | 4                                 | 2                         | 0                        | 4                           | 3                     | 4                  | 3                   | 2                         | 3                  | 3                 | 0                   | 2           | 0                      | 0                                      | 0                                       |
| 20. Западно-Сибирский                                        | 5            | 5                    | 0                     | 0                   | 0                   | 4              | 0               | 0                    | 0                  | 0                     | 0                 | 0              | 0                                | 0                                 | 4                         | 0                        | 0                           | 0                     | 1                  | 4                   | 3                         | 0                  | 0                 | 0                   | 0           | 2                      | 0                                      | 0                                       |

«постарением» человечества (ростом доли лиц старших возрастов), всеобщим образованием и ростом культуры, вовлечением женщин в различные отрасли народного хозяйства и другими причинами, уменьшающими рождаемость. Думая о будущем, следует предвидеть, что наступит время, когда борьба за устойчивость численности населения нашей планеты может стать более важной, чем нынешняя тревога по поводу сильного роста населения. В частности, многое будет зависеть от будущего геосреды — от чистоты воздуха и вод, от степени радиоактивности разных компонентов биосферы.

Каковы же вполне реальные научно-технические достижения ближайших десятилетий, важные для развития пространственной системы «геосреда — общество»? Назовем некоторые из них.

1. Сильный рост электроэнергетики за счет мощных тепловых (угольных), атомных (АЭС), приливных (ПЭС) электростанций. Широкое использование геотермических ресурсов (подземного тепла).
2. Вовлечение в производство ресурсов Мирового океана: органических, водных (путем опреснения морских вод), минеральных (шельфовых, донных конкреций, растворенных в морской воде элементов), энергетических.
3. Вовлечение в производство концентраций минеральных ресурсов сверхбольших глубин, в частности, методом их подземного искусственного размыва и добычи образовавшихся «рассолов».

4. Широкое применение биотермических методов сельскохозяйственного производства — гидропонии, выращивания овощей и других культур на больших площадях под покровом полиэтиленовых и других синтетических пленок и др.

5. Переход от производства искусственных кормовых дрожжей к синтетической белковой пище для человечества. Постепенная добавка синтетических белков к сельскохозяйственным продуктам будет изменять размещение и специализацию сельского хозяйства, характер использования земель, размещение пищевой промышленности и многие другие стороны развития пространственных систем производительных сил.

6. Новые сверхпрочные и легкие строительные материалы и методы строительства, которые совершат переворот в скорости, прочности и экономичности возведения крупных сооружений и их комплексов.

7. Переворот в транспорте грузов и пассажиров: широкое использование подводных морских судов для перевозки грузов; большегрузные сверхскоростные трансконтинентальные ракетопланы; сильное распространение вездеходов и реактивных двигателей на «воздушных подушках».

Эти и другие научно-технические достижения относительно близкого будущего, которые невозможно все перечислить, способны сильнейшим образом переделывать лик Земли, расселение людей, территориальную организацию производительных сил. Возникнут новые сложные «цепочки» связей явлений производства и геосреды, сильно изменятся лимитаторы и границы параметров развития ее пространственных систем.

Таблица (окончание)

**Прогноз использования природных ресурсов и развития производительных сил территориально-производственных районных комплексов СССР на 2000 год**

| Районные территориально-производственные комплексы 2000 год | Добыча нефти | Добыча природн. газа | Добыча коксующ. углей | Добыча энерг. углей | Добыча железн. руд | Разработка леса | Орошение земель | Экспл. подземных вод | Атомн. энергетика | Произв. черн. металл | Производство меди | Добыча алмазов | Добыча и произв. редких металлов | Добыча и произв. драгоцен. металлов | Энергетич. отрасли химии | Горючие отрасли химии | Произв. металлург. алюминия | Произв. минер. удобр. | Производство машин | Производство бумаги | Производство кормовых белков | Производство зерна | Производство мяса | Производство сахара | Гидропоника | Лов и переработка рыбы | Произв. натур. и синтетич. тканей | Производство натур. и синтетич. кожи и обуви |
|-------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|-----------------|-----------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|
| 21. Средне-Сибирский                                        | 0            | 0                    | 0                     | 0                   | 0                  | 0               | 0               | 4                    | 3                 | 0                    | 0                 | 0              | 0                                | 0                                   | 3                        | 2                     | 0                           | 3                     | 3                  | 0                   | 3                            | 4                  | 4                 | 0                   | 0           | 0                      | 0                                 | 2                                            |
| 22. Енисейский                                              | 0            | 0                    | 0                     | 3                   | 1                  | 4               | 0               | 0                    | 0                 | 1                    | 3                 | 0              | 3                                | 4                                   | 5                        | 0                     | 5                           | 0                     | 0                  | 0                   | 0                            | 0                  | 0                 | 0                   | 0           | 0                      | 0                                 | 0                                            |
| 23. Северо-Сибирский                                        | 1            | 1                    | 0                     | 3                   | 0                  | 0               | 0               | 0                    | 0                 | 0                    | 0                 | 0              | 4                                | 2                                   | 0                        | 0                     | 0                           | 0                     | 0                  | 0                   | 0                            | 0                  | 0                 | 0                   | 0           | 0                      | 0                                 | 0                                            |
| 24. Кузнецко-Алтайский                                      | 0            | 0                    | 5                     | 3                   | 1                  | 1               | 1               | 2                    | 3                 | 3                    | 2                 | 0              | 2                                | 2                                   | 3                        | 2                     | 3                           | 3                     | 3                  | 0                   | 2                            | 3                  | 2                 | 3                   | 0           | 0                      | 3                                 | 2                                            |
| 25. Центральн.-Казхастанский                                | 0            | 0                    | 3                     | 5                   | 3                  | 0               | 2               | 4                    | 3                 | 3                    | 3                 | 0              | 4                                | 3                                   | 4                        | 0                     | 4                           | 2                     | 1                  | 0                   | 0                            | 3                  | 4                 | 0                   | 0           | 0                      | 0                                 | 0                                            |
| 26. Восточно-Сибирский                                      | 3            | 2                    | 2                     | 3                   | 1                  | 5               | 0               | 0                    | 3                 | 0                    | 5                 | 5              | 5                                | 4                                   | 4                        | 0                     | 5                           | 2                     | 2                  | 5                   | 3                            | 2                  | 2                 | 0                   | 2           | 0                      | 0                                 | 0                                            |
| 27. Северо-Восточный                                        | 0            | 0                    | 0                     | 1                   | 0                  | 1               | 0               | 0                    | 4                 | 0                    | 0                 | 0              | 4                                | 5                                   | 2                        | 0                     | 0                           | 0                     | 1                  | 0                   | 0                            | 0                  | 0                 | 0                   | 0           | 3                      | 0                                 | 0                                            |
| 28. Дальневосточный                                         | 1            | 0                    | 0                     | 1                   | 1                  | 5               | 2               | 2                    | 4                 | 1                    | 3                 | 0              | 4                                | 4                                   | 0                        | 0                     | 0                           | 2                     | 2                  | 2                   | 3                            | 2                  | 1                 | 3                   | 5           | 3                      | 0                                 | 0                                            |
| 29. Горный Среднеазиатский                                  | 1            | 0                    | 0                     | 1                   | 0                  | 0               | 1               | 3                    | 3                 | 0                    | 0                 | 0              | 5                                | 2                                   | 0                        | 2                     | 0                           | 0                     | 0                  | 1                   | 0                            | 1                  | 3                 | 3                   | 2           | 0                      | 1                                 | 0                                            |
| 30. Равнинный Среднеазиатский                               | 5            | 5                    | 0                     | 0                   | 0                  | 0               | 5               | 5                    | 4                 | 1                    | 0                 | 0              | 3                                | 5                                   | 0                        | 3                     | 0                           | 4                     | 3                  | 2                   | 3                            | 2                  | 4                 | 0                   | 0           | 1                      | 3                                 | 3                                            |

Как уже говорилось, многие виды природных ресурсов ограничены по своим запасам и могут быть быстро истощены. Задача состоит в предвидении замены одних ресурсов другими, что существенно отразится на территориальной организации производительных сил.

Г. Прогноз роли измененной геосреды в жизни и труде человека, в его здоровье, отдыхе, в его духовном богатстве.

Чем сильнее современная техника будет изменять геосреду, тем острее станет проблема отношений между человеком и природой и тем сложнее будет установить правильные пропорции в этой среде и сохранить ее как неиссякаемый источник здоровья, любви к жизни, радости и духовного богатства каждого человека. Эта проблема разрешима для коммунистического общества, но для ее реализации необходимы большие научные комплексные исследования и конкретные практические предложения ученых-географов — именно комплексные исследования, так как между требованиями к географической среде со стороны производства и требованиями человека возникают острые противоречия. Их невозможно решить односторонне: надо учитывать и весь комплекс природных условий, и весь комплекс производств, и весь комплекс потребностей населения.

Д. Общий прогноз будущего при разных вариантах использования, охраны и восстановления природных ресурсов и условий изменяемой людьми географической среды. Число таких вариантов очень велико и не все они достаточно оптимистичны. Среди этих вариантов географическая наука должна найти, обосновать и рассчитать варианты, которые бы обеспечивали дальнейшее уверенное развитие человечества. И это должно прежде всего сделать советская географическая наука (в содружестве с географами других социалистических стран). В этом случае будет одержана не только большая научная, но и значительная политическая победа. Обоснованный научный оптимистический прогноз будущего человечества, который обеспечивается рациональным использованием, охраной и воспроизводством природных ресурсов и условий не в капиталистических условиях, а при социализме (коммунизме) — имеет огромную политическую силу.

Наибольшее значение для территории Советского Союза сейчас приобретают географические прогнозы на 2000 г. Как уже отмечалось, они неразрывно связаны с социально-экономическими прогнозами. Одна из основных экономических проблем современного экономического развития СССР — проблема разделения труда и взаимодействия западных и восточных районов страны. Она сохранит свое значение и для будущих десятилетий.

И к 2000 г. Европейская часть СССР (с Уралом) останется наиболее густо заселенной и экономически освоен-

ной частью страны. Переселение в восточные районы будет возрастать, но все же главный прирост их населения будет происходить за счет наибольшей в стране рождаемости. За треть века условия жизни в Европейской части страны, уже благоприятные в настоящее время, будут еще более улучшены. Стоит большая задача решительного улучшения жизни населения в восточных районах СССР путем крупных работ по целенаправленному изменению геосреды как на больших территориях, так и на ограниченных по площади массивах промышленных районов, оазисов, городов. Особенно перспективны «крытые» города Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока.

Изменение геосреды в восточных районах СССР потребует больших капиталовложений, которые должны оправдываться прежде всего высокой эффективностью развития горной промышленности (золото, алмазы, медь, нефть, газ, полимеры, олово, редкие металлы, открытые разработки дешевых энергетических углей), лесной и рыбной промышленности, зернового степного хозяйства, орошаемого земледелия и пастбищного скотоводства современного уровня.

В западных районах страны будет протекать другой процесс — усиленного открытия новых полезных ископаемых в хорошо освоенных и густонаселенных местностях для всемирного обеспечения современной и будущей обрабатывающей трудоемкой промышленности местным сырьем и топливом. Особенно большое значение приобретают высококачественные железные руды КМА. Межрайонный комбинат КМА — Урало-Кузбасс с опорой на железные руды КМА (идущие далеко на восток), на расширение существующих металлургических заводов Урала и на коксующиеся угли Кузбасса, — будет одной из основных баз промышленности СССР в 2000 г.

Сильный рост населения западных районов СССР, промышленности Центра страны и Урала, развитие орошения в Казахстане и Средней Азии обострит водную проблему. Водоснабжение Русской равнины, включая Москву, Курскую магнитную аномалию, Харьков и Донбасс, потребует переброски части вод северных рек через Центр на Юг (а не в Волгу). К 2000 г. сеть дальних водопроводов большого сечения получит сильное развитие. Особенно важным станет водоснабжение Урала и Казахстана за счет сибирских рек. Все более станет выявляться огромное значение озера Байкал для снабжения чистой пресной водой районов Урала и Русской равнины. Холодные и горячие подземные воды будут сильно эксплуатироваться в Западной Сибири, Казахстане, Средней Азии и на Дальнем Востоке. Реки приобретут значение лишь «артерий» с чистой водой, а сточные воды будут во все большей степени сбрасываться в специальные отстойники при помощи «вен» — специальных трубопроводов. Решающую роль в разработке лесов и в развитии лесной промышленности станут играть восточные районы

ны СССР. В западных же районах должны преобладать работы по восстановлению лесов, по созданию интенсивного лесного хозяйства с быстрорастущими древесными породами вблизи лесопромышленных комбинатов, по устройству лесопарков для отдыха населения.

Таковы некоторые варианты географических проблем 2000 г.

Все эти проблемы региональны и их решение связано с особенностями развития тех экономических районов Советского Союза, которые будут в 2000 г. На схеме (стр. 37) показаны перспективные районные территориально-производственные комплексы нашей страны. Принята гипотеза 30-ти районных комплексов. Границы этих комплексов схематизированы, так как, конечно, для 2000 г. не стоит пользоваться границами административно-политической карты 1968 г.

В таблице (стр. 38, 39, 40) при помощи метода баллов дан прогноз использования важнейших природных ресурсов и развития промышленности и сельского хозяйства по 30 районным комплексам к 2000 г. В основу этого регионального прогноза были положены данные об уже открытых или предполагаемых природных ресурсах. Автор исходил также из того, что к 2000 г. широко разовьется мощная атомная энергетика, тем самым существенно изменятся возможности развития ряда производств в Европейской части СССР. Было обращено большое внимание на необходимость широкого производства минеральных удобрений, интенсификацию сельского хозяйства в районах с густым населением и, в частности, на развитие гидропоники, на производство искусственных кормовых белков. Ряд районных комплексов имеет большие перспективы для развития легкой промышленности. При прогнозе учитывалось усиление специализации районов, разделения труда между ними.

Конечно, это гипотеза на 32 года вперед. Но такая гипотеза необходима для того, чтобы видеть основные тенденции развития и размещения производительных сил страны.

Географические прогнозы отличаются многосторонностью. В этом их большая сложность. География уже давно выделяется своей обширностью. Теперь наступило время ее углубления. И это еще больше усложняет ее задачи. Одно из важных средств решения этих задач — применение математического метода в географической науке. При множестве вариантов географических прогнозов возможен единственный подход к ним — стохастический. Будущее сложное переплетение природных и производственных процессов с общественной жизнью, конечно, заранее никем не предопределено. Оно зависит от сочетания множества условий и к нему лежит много путей.

Географические прогнозы не могут быть «жесткими», категорическими. Чем более они гибки и многовари-

антны, тем более правильно прогнозирование. Географические прогнозы дают представление о многих возможных перспективах территориальной организации геосреды. Как писал Н. Винер, «осмысленное представление об организации невозможно для мира, где все обусловлено и для случайности не осталось места... Мы должны рассматривать организацию как нечто обладающее взаимосвязью между отдельными организованными частями, причем взаимосвязь эта не единообразна. Связи между одними внутренними частями должны играть более важную роль, чем между другими, иными словами, связи внутри организации не должны быть абсолютно устойчивыми, чтобы строгая определенность одних ее частей не исключала возможности изменения каких-то других. Эти изменения, различные в различных случаях, неизбежно носят статистический характер и поэтому только статистическая теория обладает достаточной гибкостью, чтобы в своих рамках придать понятию организации разумный смысл»<sup>1</sup>.

Географам предстоит большая работа по определению степени гибкости системы «геосреда — общество», сопровождаемая анализом стохастичности связей отдельных звеньев этой системы. В процессе этой работы выявятся звенья достаточно жесткие, с устойчивыми связями, и звенья очень эластичные, со многими вариантами возможных связей. Такая работа совершенно необходима для географического прогнозирования.

Еще предстоит сделать много, чтобы географические прогнозы завоевали прочное место в современной прогностике. Уже в настоящее время видно, что такие прогнозы совершенно необходимы. Со временем их значение будет возрастать. Чем сильнее будут работать в этом направлении географы, тем успешнее будет их вклад в прогнозирование. В этом отношении особенно велико значение теоретической географии.

Таким образом, для прогнозирования нужны прежде всего прочные теоретические основы целостности (единства) комплекса географических наук с тем, чтобы, выражаясь словами советского экономико-географа Н. Н. Колосовского, иметь не две изолированные картины — мира природы и мира общественного производства, а одну целостную картину мира развивающейся природы в самом широком смысле этого слова, т. е. природы, включающей и человека, и измененную его трудом геосреду с новыми ее качествами.

<sup>1</sup> Н. В и н е р. Я — математик. Изд-во «Наука», 1967, стр. 308—309.

# Камчатское стадо крабов

Профессор Л. Г. Виноградов

Рисунки художника Н. Н. Кондакова



Лев Григорьевич Виноградов — доктор биологических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии. Специалист в области биологии камчатского краба, систематики и распространения десятиногих ракообразных, занимается изучением морских донных биоценозов и проблемой рыбохозяйственной мелиорации Каспийского моря. Основные работы опубликованы в трудах Всесоюзного и Тихоокеанского институтов рыбного хозяйства и сборниках Всесоюзного гидробиологического общества. Л. Г. Виноградов — автор популярных книг «Камчатский краб» (1941) и «Жизнь дальневосточных морей» (1964).

Консервы из мяса камчатского краба пользуются широким спросом во всем мире. Первоклассные плавающие крабоконсервные заводы ежегодно работают у берегов Камчатки и Аляски. Однако их деятельность приходится ограничивать в зависимости от состояния запасов краба. Меры по охране и увеличению его запасов могут быть разнообразными, но установление их комплекса и их совершенствование должно быть основано на всестороннем знании биологии этого животного.

Одним из существенных, но долгое время неясных вопросов биологии краба, был вопрос о местонахождении мальков в важнейшем районе его обитания и промысла — на западном шельфе Камчатки. Взрослые особи встречаются здесь вдоль всего западного побережья от мыса Южного до мыса Лопатка (см. схему). Мальков же удалось обнаружить только в последние годы и преимущественно там, где взрослые крабы почти не попадаются — к северу от мыса Южного и далее вдоль восточного побережья залива Шелихова до Пенжинской губы. Это открытие и другие результаты новых советских исследований, вскрывающие систему возобновления запасов краба в Охотском море у западного побережья Камчатки, и излагаются в настоящей статье.

Камчатский краб имеет планктонную личинку, и это обстоятельство в значительной мере определяет структуру его стад, их местообитание и механизм их воспроизводства. Условия существования в воде коренным образом отличаются от условий жизни на суше (особенно это относится к планктонным организмам — взвешенным в толще воды). Некоторые из этих условий на первый взгляд кажутся невыносимыми для живых существ, однако на самом деле слабо отражаются на их строении и образе жизни. Так обстоит дело, например, с колоссальным давлением на больших глубинах. Изменение давления более чем на десять атмосфер не мешает многим нежнейшим организмам совершать суточные вертикальные миграции. Зато все с большей силой вырисовывается влияние такого фактора, как течения. Давно было отмечено, что жизнь планктонного организма в реке подобна жизни пассажира в поезде, что планктонные организмы, тем или иным образом попавшие в реку, ни во взрослом состоянии, ни в стадии яйца не могут вернуться в ее верхнее течение, и что река получает планктон целиком из своих придаточных водоемов с более или менее неподвижной водой. Однако только в настоящее время, с развитием широких океанографических исследований, появилась возможность увязать системы возобновления поселений водных организмов, области распространения видов и зоогеографические области с системами циркуляции воды в океанах. Наиболее очевидно влияние течений на постоянно-планктонные организмы, на протяжении всей жизни существующие в толще воды во взвешенном состоянии. Некоторые исследователи считают, что в открытой части Тихого, Атлантического и Индийского океанов существуют все-



го несколько планктонных биоценозов, область распространения каждого из которых совпадает с какой-то зоной циркуляции вод и с какой-либо одной зоогеографической областью, а число биоценозов, зоогеографических областей и зон циркуляции почти одинаково. Поселения донных морских животных в этом отношении резко отличаются от совокупности населения толщи океана и сходны с поселениями организмов суши. Число донных морских биоценозов велико и в пределах Мирового океана, и в каждой его биогеографической области. Распределение донных животных тесно связано с подходящим для каждого вида грунтом, а поскольку передвижение их обычно весьма ограничено, то расширение области обитания каждого вида встречало бы исключительные трудности, если бы они на какое-то время не меняли образа жизни. И действительно, как подсчитал Г. Торсон, 70% видов морских донных животных обладают планктонными личинками. Личиночный планктон составляет существенную часть прибрежного планктона и подвержен всем случайностям жизни в толще воды.

Для настоящих планктонных организмов установлены, кроме зон постоянного их воспроизводства в зонах циркуляции вод, зоны их безвозвратного выноса. Такие «стерильные зоны выселения» известны и для донных организмов с пелагическими (планктонными) личинками. Так, например, стадо омаров в северо-восточной части залива Лаврентия, по-видимому, существует только за счет приноса личинок из южной части залива. Существует мнение, что из ряда районов обитания европейского угря взрослые особи не в состоянии вернуться для нереста в Саргассово море. Несомненно, что стерильные области выселения массовых видов морских животных охватывают большинство районов, где эти виды представлены одиночными особями. Действительно, трудно представить, как в таких районах происходит встреча самцов с самками и сохранение пелагических личинок. Несомненно, что со временем число примеров стерильных областей выселения будет увеличиваться и для многих животных, играющих существенную роль в хозяйственной деятельности человека. Понятно, что принципы охраны запасов в стерильной зоне выселения должны отличаться от таковых в основной области обитания животного.

Подобно воспроизводству постоянно-планктонных животных, воспроизводство животных, имеющих планктонных личинок, будет сильно колебаться год от года в зависимости от изменений условий обитания в критические моменты жизни, и урожайные годы будут чередоваться с неурожайными. С другой стороны, донные животные, способные к активным миграциям, могут возвращаться из районов выноса в районы размножения во взрослом состоянии или в состоянии мальков, осевших на дно. Однако вся область их распространения и структура их стад будут находиться под сильнейшим воздействием личиночного периода их жизни, а их урожайность в значительной мере оп-

ределяется годовыми изменениями разноса личинок. Именно такой случай и имеет место при образовании стад камчатского краба.

Самка камчатского краба, подобно самке речного рака, носит оплодотворенную икру у себя под брюшком. Инкубация продолжается около 11 месяцев. Весной в период массового развития растительного планктона (на Камчатке в мае) самки приближаются к берегу, где личинки вылупляются из икринок и переходят к самостоятельной жизни в толще воды. Личинка (или так называемая «зоа») со взрослым крабом имеет меньшее сходство, чем головастики с лягушкой. У зоа длинное, как у креветки, брюшко и продолговатый, гладкий панцирный щит с тремя шипами по краям. Один из шипов расположен меж глаз и направлен вперед, его часто называют клювом; два других расположены сзади по углам щита, подобно фалдам фрака. Ног у зоа нет, и в качестве органов плавания функционирует часть челюстей, которых у крабов 6 пар. Длинное брюшко выполняет роль руля. В зависимости от возраста зоа бывает длиной от 4 до 7 мм, т. е. величиной с муху. Чрезвычайно нежная и прозрачная, как цветное стекло, зоа погибнет, если осядет на дно. О вылупившихся личинках самка не заботится и продолжает свой путь к берегу. Зоа же ведут около двух месяцев плавучий, планктонный образ жизни и переносятся течением на десятки и сотни километров.

За это время личинка несколько раз линяет, с каждой линькой увеличиваясь в размерах и продвигаясь в своем развитии. В зависимости от числа пройденных линек различаются 4 стадии зоа. В начале третьего месяца у личинки вырастают все конечности, служащие у взрослого краба для передвижения, несколько сокращается брюшко, панцирный щит становится крабообразным и покрывается многочисленными шипами. Такая личинка называется «глаукотой». Она переходит к придонному образу жизни и дней через 20 превращается в малька, уже похожего на взрослого краба. Лишь шипы у малька очень длинные и острые. Ширина щита сеголетка составляет всего около 2 мм. В дальнейшем рост краба у берегов Камчатки, судя по анализу промеров, происходит следующим образом:

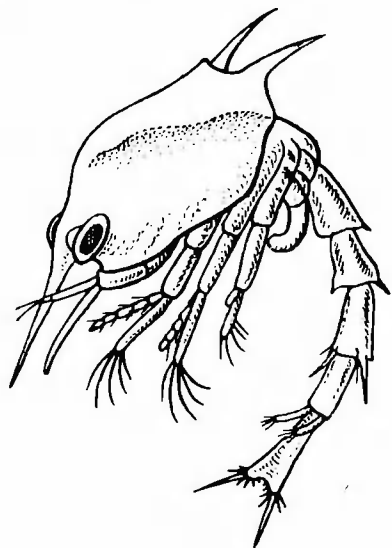
Таблица 1

**Рост краба (по данным промеров)**

| Возраст (лет)    | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7 | 8 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|
| Ширина щита (см) | 0,8 | 1,4 | 2,2 | 3,0 | 4,4 | 5,8 | 7 | 8 |

| Возраст (лет)    | 9 | 10 | 11 | 12 | 13   | 14   | 15   |
|------------------|---|----|----|----|------|------|------|
| Ширина щита (см) | 9 | 10 | 11 | 12 | 13,5 | 14,5 | 15,5 |





Пелагическая личинка камчатского краба, так называемая зоэа, имеет со взрослым крабом меньшее сходство, чем головастики с лягушкой. Величиной она с муху — от 4 до 7 мм

Как видно из таблицы, камчатский краб — животное, растущее очень медленно. В более теплых водах, например у берегов Америки, этот же вид растет почти в два раза быстрее<sup>1</sup>, а у берегов о-ва Хоккайдо и Приморья — примерно теми же темпами, как и на западно-камчатском шельфе.

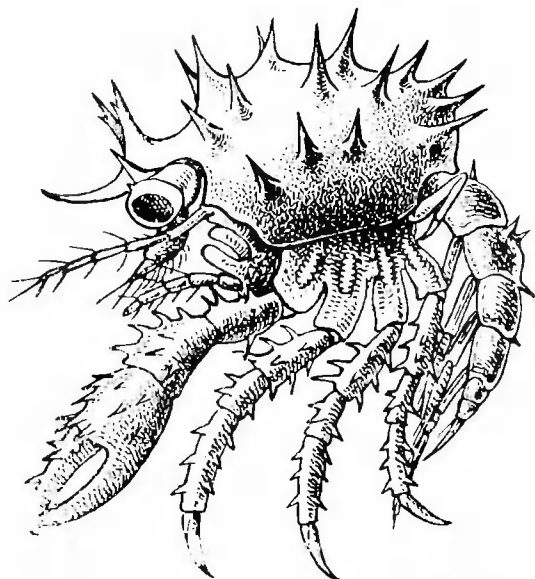
Самка камчатского стада начинает метать икру, достигнув 8 см по ширине щита, однако почти поголовно с икрой встречаются только 9-сантиметровые самки. У самок размером в 10—11 см число икринок значительно возрастает. Считается, что самцы камчатского стада, достигнув 10 см, становятся зрелыми, однако в сетях в состоянии спаривания попадаются только более крупные самцы. Промысел начинает использовать самцов, достигших 13 см (самок использовать запрещено), а средний размер крабов-самцов в уловах на Камчатке колеблется от 15 до 17 см. Наиболее крупные самцы из пойманных у наших берегов достигали 25 см, а в заливе Аляска — 28 см.

На схеме показаны весенне-летние миграции взрослых самцов краба на западнокамчатском шельфе. Их зимующие скопления траулеры обнаруживали вдоль двухсотметровой изобаты, где глубинные тихоокеанские воды, проникающие через курильские проливы в Охотское море, поддерживают в течение круглого года постоянную положительную температуру около  $+1$ ,  $+2^\circ$ . Весной с усилением напора глубинных вод крабы направляются к мелководьям, где после взлома и выноса льдов начинается прогрев воды. По дороге им приходится преодолевать зону с очень низкой температурой

до  $-1,7^\circ$ . Обычно краб движется к берегу в тех местах, где эта зона наиболее узка или уже размыта с приближением весны. Участки, где отрицательная температура особенно устойчива, образуют единственную преграду между местными камчатскими стадами краба. Понятно, что протяженность таких участков быстро меняется с развитием гидрологической весны, а расположение их варьирует от года к году. Поэтому соответственно сильно изменяются и пути движения местных стад краба, они в значительной степени перемешиваются между собой, особенно по пути к местам зимовки гидрологической осенью, когда зона отрицательной температуры исчезает вовсе, а в пределах всего шельфа широко распространена температура  $+1$ ,  $+3^\circ$ . Линии движения стад на схеме дают, таким образом, только весьма грубое общее представление. Самое южное из местных стад — озерновское — сильно обловлено и, по-видимому, Озерновский район в последнее время посещается главным образом ближайшим от него к северу кихчикским стадом.

Самки и молодые самцы (7—13 см) в зимний и весенний периоды мигрируют сходным образом. Скопления самок и мелких самцов встречаются зимой по краю шельфа и весной приближаются к берегу. Однако, в отличие от скоплений взрослых самцов, которые с потеплением вод постепенно отходят на глубины в 35, 50 и 70 м, вслед за изотермами  $+2$  и  $+4^\circ$ , мелкие самцы все лето проводят у берега при температуре от  $+7$  до  $+10^\circ$ . Такое разобщение скоплений крупных самцов от скоплений самок и молодежи очень удобно для ведения промысла, так как позволяет избежать истребления непромысловых групп на протяжении большей части путины. Только в относительно короткое время спаривания, да и то, как мы увидим дальше, не во всех районах,

<sup>1</sup> F. C. Cleaver. Bering sea King crab tagging experiments. «Internat. Comm. Northwest Atlant. Fish.», Spec. Publ., 1961, N 4; D. D. Weber. Growth of the immature King crab *Paralithodes camtschatica*, «Internat. North. Pac. Fish. Comm.», Bull. 21, 1967.



В начале третьего месяца жизни личинка переходит к придонному образу жизни и называется глаукотей

скопления самок и крупных самцов смешиваются. Удалось также выделить места преобладания мелких самцов и запретить их для промысла. В настоящее время таким запретным районом считается участок шельфа от 57-й параллели до 56° 20' с. ш. К сожалению, наблюдаются периоды, когда массы мелких самцов появляются в других местах, смешиваются там со скоплениями крупных самцов и могут попадать в орудия лова. Понятно, что вылов значительного количества молоди может вызвать серьезное сокращение общих запасов краба. Поэтому для сохранения сырьевой базы крабовой промышленности необходимо понять весь механизм возобновления крабовых стад.

Некоторые авторы полагали, что каждое из местных западнокамчатских крабовых стад обладает способностью к воспроизводству, однако японский исследователь Марукава<sup>1</sup> и советский гидробиолог Ю. И. Галкин<sup>2</sup> выдвинули гипотезу, согласно которой планктонные личинки краба у западного побережья Камчатки сносятся течениями на север и все местные камчатские стада снабжаются молодью с севера. При этом Марукава полагал, что личинки, вынесенные из южных районов на север, могут там осесть, превратиться в мальков и принять участие в общем процессе воспроизводства стада, а Ю. И. Галкин считал более вероятным, что личинки, вылупившиеся в центральных и южных районах западнокамчатского шельфа, погибают. В основе этой гипотезы лежат два факта: во-первых, каменистые грунты и обрастания, необходимые для жизни осевшим малькам камчатского краба, распространены почти исключительно в самом северном — Хайрюзовском районе, и,

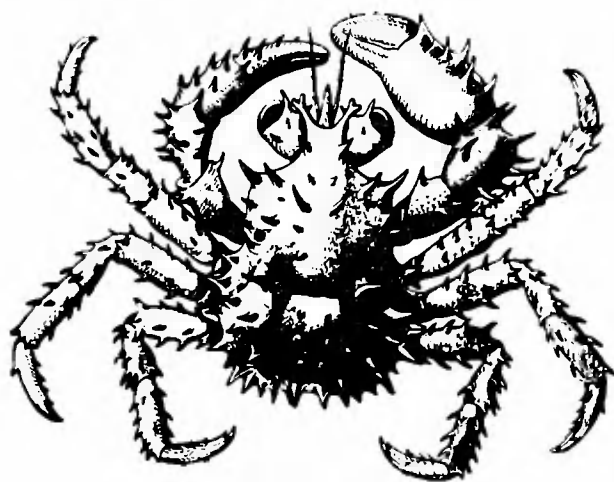
во-вторых, зарегистрировано значительное число случаев передвижения меченых крабов с севера на юг. Однако второй довод оказался недостаточно доказательным. Хотя крабов помечено к настоящему времени более 100 тыс. и более 5 тыс. меток уже передано в исследовательские институты СССР и Японии, места помимок меченых крабов целиком зависят от дислокации промысловых судов и результаты мечения подвержены всем случайностям и превратностям путины. Поэтому японский исследователь Сато<sup>3</sup> интерпретировал материалы по мечению крабов как свидетельство возможности их движения при определенных условиях преимущественно с юга на север. Действительно, поскольку южное — озерновское стадо часто бывало переловлено и промысел в Озерновском районе прекращался и запрещался, помеченные здесь крабы могли быть выловлены только в центральных и северных районах. Такое же ложное впечатление должно было создаваться и применительно к крабам, помеченным в центральных районах, так как промысел в течение многих лет велся более интенсивно в двух северных районах. Наконец, применявшийся метод мечения не позволял крабам сохранять метки в течение нескольких лет, что не давало возможности проследить пополнение стад крупных крабов молодыми.

В отличие от Марукавы и Галкина, Сато считает, что воспроизводство запасов краба происходит вдоль всего западного побережья Камчатки, но что оно наиболее интенсивно в Ичинском и в южной части Хайрюзовского районов (см. схему), где уловы молоди и самок в японских промысловых сетях были наибольшими. Правда, японские промысловые сети выставлялись не

<sup>1</sup> H. Marukawa, Biological and fishery research on Japanese King crab, «Jap. I. Expt. Stat.», Tokyo, vol. 4, 1953.

<sup>2</sup> Ю. И. Галкин, Акклиматизация и перевозка камчатского краба. Тр. Мурманск. морск. биол. ин-та, вып. 2 (6), 1960.

<sup>3</sup> S. Sato, Studies on Larval Development and Fishery biology of King crab. «Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab. Fish. Agency», vol. 17, 1958.



Только что осевший малек камчатского краба уже похож на взрослого, только шипы на его панцире очень длинные и острые

вдоль всей Камчатки, а со значительными пропусками. Сато, в отличие от Галкина, не располагал данными исследовательского судна, которое проводило бы систематические ловы сетями или тралами по всему шельфу. Все же гипотеза Марукавы — Галкина нуждалась в подтверждении, и в первую очередь, в установлении районов обитания личинок и молоди.

Систематические советские исследования последних

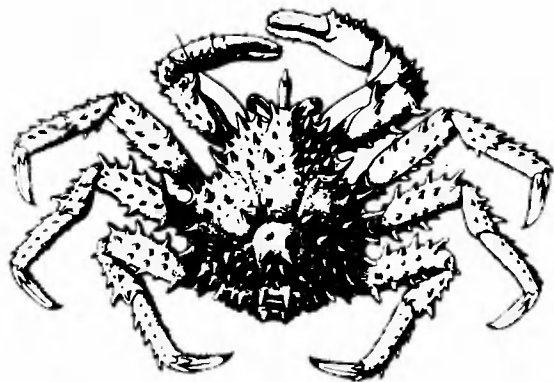
Таблица 2

**Средний улов крабов за 30 минут траления в 1958—1963 гг. по данным советского исследовательского судна**  
по М. М. Лаврентьеву, 1963)

| Районы<br>(с севера на юг)      | В штуках                |                        |       | В процентах          |                        |       |
|---------------------------------|-------------------------|------------------------|-------|----------------------|------------------------|-------|
|                                 | самцы<br>более<br>13 см | самцы от 7<br>до 13 см | самки | самцы более<br>13 см | самцы от 7<br>до 13 см | самки |
| Хайрюзовский,<br>северная часть | 31                      | 117                    | 214   | 9                    | 32                     | 59    |
| Там же (южная<br>часть)         | 59                      | 94                     | 142   | 20                   | 32                     | 48    |
| Ичинский                        | 55                      | 44                     | 69    | 33                   | 26                     | 41    |
| Колпаковский                    | 41                      | 34                     | 30    | 39                   | 32                     | 29    |
| Кихичинский                     | 50                      | 17                     | 14    | 62                   | 21                     | 17    |
| Озерновский                     | 14                      | +                      | 1     | 93                   | 1                      | 6     |
| Средний показате-<br>ль         | 44                      | 43                     | 91    | 25                   | 24                     | 51    |

Примечание: Знаком + здесь и в таблице 3 отмечены случаи, когда в среднем на один лов приходится менее 1 экземпляра.

лет дали, однако, достаточно веские материалы, свидетельствующие о справедливости гипотезы Марукавы — Галкина. Если мы возьмем биостатистические материалы, полученные за шесть лет (1958—1963) советским исследовательским судном, и разобьем их на 5 районов, то получим отчетливую картину, представленную в табл. 2. Из табл. 2 видно, что большая часть молодых самцов сосредоточена в северном — Хайрюзовском районе, что по направлению к югу их число уменьшается. Следовательно, можно допустить, что южные стада пополняются с севера. Передвижение молоди прослеживается и при рассмотрении изменений размерного состава местных стад по годам. Ю. И. Галкину удалось показать даже влияние распределения отрицательной температуры на размеры пополнения южных стад. К сожалению, объем настоящей статьи не позволяет нам вдаваться в такие детали. Гораздо существеннее обратить внимание на то обстоятельство, что хотя в целом в пределах всего западнокамчатского шельфа самцы и самки представлены поровну, большинство самок подобно молодым самцам также встречается в северном — Хайрюзовском районе, а в самом южном — Озерновском их почти нет. Если мы примем во внимание, что судя по опытам в аквариумах, один самец способен оплодотворить до 5 самок и что часть самцов размером менее 13 см тоже способна к оплодотворению, становится очевидным, что в северном районе имеются все условия для производства большой массы личинок. В центральных районах личинок может быть произведено гораздо меньше, а в самом южном районе почти некому их производить. Материалы по распределению личинок подтверждают этот вывод. Наиболее удачная съемка распределения планктонных личинок краба была проведена в 1963 г. В. Е. Родиным и Р. Р. Макаровым. Ее результаты показаны в табл. 3



Камчатский краб растет очень медленно. Двухгодовалый краб достигает всего 1,4 см по ширине щита

Данные съемки показывают, что действительно личинки появляются почти исключительно в северной части западнокамчатского шельфа, что значительное число их, видимо, гибнет и что оставшиеся в живых сносятся на север.

Теперь обратимся к распределению мальков, только что осевших и более крупных, в возрасте одного, двух или нескольких лет. Однако здесь мы сталкиваемся с трудностью, о которой уже говорилось в начале этой статьи. Молодые крабы, достигшие 7 см по ширине щита и 7 лет от роду, весьма обычны в уловах промысловых и исследовательских судов. Мальки краба и молодь в возрасте от 1 до 6 лет обнаружены и хорошо известны для прибрежий залива Петра Великого, о-ва Хоккайдо и Аляски. На западнокамчатском шельфе они практически не встречались, если не говорить о поимке единичных экземпляров в разных местах, в разные годы. Между тем на западнокамчатском шельфе проводились весьма детальные съемки донного населения с помощью дночерпателей и мелкочейных зоологических

тралов. Пришлось отправиться на специальные поиски мальков.

Как уже говорилось выше, прибрежные каменистые грунты и обрастания распространены только в северной части западнокамчатского шельфа — в Хайрюзовском районе и на небольшом пространстве в северной части Ичинского. Круговое постоянное течение в Охотском море направлено против часовой стрелки. Вдоль западного побережья Камчатки проходит его восходящая на север ветвь. Сильнейшие приливно-отливные течения входят в залив Шелихова, расположенный к северу от западного побережья Камчатки. Поэтому именно в Хайрюзовском районе и заливе Шелихова решено было провести поиски мальков. Прибрежные участки дна осматривали аквалангисты. Весь залив Шелихова и Хайрюзовский район был обследован специальным зоологическим тралом (так называемым тралом Сигсби), выдерживающим тяжелый режим работы на камнях. Работы производились в конце лета, после оседания личинок и прекращения крабового промысла, когда исследовательское судно освобождалось от облова скоплений взрослых крабов и от изучения распределения планктонных личинок.

Таблица 3

**Среднее количество (в шт.) вожа камчатского краба на один лов кряпной сетью в личиночных съемах 1968 г.**

(по Р. Р. Макарову, 1964)

| Время съемок       | Первая<br>(18 апреля —<br>29 мая) |    |     |    | Вторая<br>(21 июня —<br>28 июля) |    |     |    |
|--------------------|-----------------------------------|----|-----|----|----------------------------------|----|-----|----|
|                    | I                                 | II | III | IV | I                                | II | III | IV |
| Личиночные стадии  |                                   |    |     |    |                                  |    |     |    |
| Хайрюзовский район | 53                                | 5  | —   | —  | —                                | 1  | 2   | —  |
| Птичий район       | 18                                | 1  | —   | —  | —                                | —  | —   | —  |
| Колпаковский район | —                                 | —  | —   | —  | —                                | —  | —   | —  |
| Кичицкий район     | 1                                 | —  | —   | —  | —                                | —  | —   | —  |
| Озерковский район  | —                                 | —  | —   | —  | —                                | —  | —   | —  |

Оказалось, что мальки начинают попадаться в самом незначительном количестве (и то не каждый год) примерно по середине Хайрюзовского района, у о-ва Птичьего. Число их увеличивается к северной границе района — мысу Южному, но систематически они начинают ловиться только вдоль восточного побережья залива Шелихова, т. е. там, где скоплений взрослых крабов нет. До самой северной части залива Шелихова — Пенжинской губы — их очень много. В Пенжинской губе были обнаружены сеголетки и мальки в возрасте от 1 до 4 лет. Мальки в возрасте 5—7 лет были встречены от гор-

ла залива Шелихова до входа в Пенжинскую губу. Сеголетки, годовики и двухлетки были обнаружены преимущественно в прибрежной зоне на глубине до 20 м (но встречались и глубже), обычно среди камней и обрастаний. Чаще всего это были колонии гидроидных полипов<sup>1</sup>, живые или погибшие поселения мелких морских желудей и редкие заросли красных водорослей. В некоторых местах аквалангисты обнаруживали мальков, сидящих на крупных шестилучевых звездах — полярной лептастерии. В заливе Петра Великого мальки кормились гидроидными полипами, живущими в чашечках без крышек, так называемой обелии. В желудках мальков, пойманных у берегов Камчатки, удалось распознать педицилларию — мелкие придатки со спины морской звезды, которыми она чистит кожу. Правда, складывается впечатление, что отдельные поселения мальков при случае могут быть уничтожены сильными осенними штормами: были такие участки, где в один год мальки встречались в заметном количестве, а на другом их там нельзя было найти вовсе. Ясно также, что масса личинок выносятся в районы, где они оседают на неподходящие для них грунты. Вероятно, значительная часть залива Шелихова образует обширную стерильную зону выселения личинок. Во всяком случае на многочисленных станциях, сделанных в открытой части залива Шелихова и у его западного побережья, найти мальков камчатского краба не удалось.

Начиная с трехлетнего возраста, мальки отходят от берега и их чаще всего можно обнаружить на глубине от 10 до 60 м. Однако, по-видимому, они продолжают держаться вдали от основных районов скопления взрослых крабов и, только достигнув семилетнего возраста, в массе появляются в Хайрюзовском районе, откуда затем постепенно спускаются к югу.

Таким образом, очевидно, что все крабы, обитающие у западного побережья Камчатки, образуют единую сложную популяцию, которая распадается на несколько местных стад, причем обеспечивает воспроизводство всего западнокамчатского стада по существу только одно хайрюзовское. Следующие от него к югу ичинское, колпаковское и кихчикское стада хотя и производят какое-то количество личинок, но колпаковское и кихчикское не могут существовать, а ичинское не может иметь современную численность без пополнения молодью с севера. Южный же — Озерновский район является аналогом стерильной зоны выселения, образуемой взрослыми половозрелыми самцами. Часть из них может принять участие в воспроизводстве стада, но только при миграции в северные районы. Такие случаи зарегистрированы при анализе движения меченых крабов.

Случаи сложной структуры популяций описаны у многих видов. Особенно хорошо они изучены у паразитов и животных — переносчиков заразных болезней. Частные факты обобщены в стройную теорию В. Н. Бекле-

мишевым<sup>1</sup>. В соответствии с его терминологией, хайрюзовское стадо следует называть независимой популяцией; ичинское — полунезависимой, колпаковское и кихчикское — зависимыми популяциями, а озерновское стадо — псевдопопуляцией.

Таким образом, для того чтобы существовало мощное стадо промыслового животного, мало наличия мест, пригодных для существования личинок, мальков, молоди и зрелых особей; необходимо еще, чтобы места, удобные для обитания животных, находящихся в различных стадиях своего жизненного цикла, были удачно взаимно расположены. По-видимому, именно отсутствием надлежащих систем течений объясняется невысокая численность многих промысловых животных там, где и грунты, и температура, и соленость воды кажутся пригодными для существования любого возраста интересующего нас вида. Отсюда, в частности, следует, что действенными мерами охраны намного легче сохранить существующее стадо, чем создать его заново, особенно на новом месте.

Какие же меры охраны должны быть приняты, чтобы увеличить сырьевые ресурсы крабовой промышленности? Уже на протяжении 10 лет действует и совершенствуется сложная система мер по охране запасов и упорядочению промысла. Важнейшие из них: строгое соблюдение установленного размера вылова, запрет лова в южной части Хайрюзовского района, обязательный выпуск молоди и самок из сетей. Первая из этих мер обеспечивает равномерное использование взрослой части стада, вторая достаточно эффективна для поддержания запасов самок в местах массового выплывания личинок. Хуже обстоит дело с охраной молодых самцов. Запрет на лов в южной части Хайрюзовского района защищает молодь только пока она не начнет переходить в соседние районы, а этот переход совершается крабом обычно до достижения минимального промыслового размера. Выпуск же молоди из сетей всегда вызывает травматизм и гибель какой-то ее части даже при самом добросовестном выполнении этого правила. Существенно повысить долю молоди, выживающей до зрелого состояния, могло бы резкое увеличение избирательной способности орудий лова. Такое увеличение может быть достигнуто широким распространением сетей с толстой ниткой — в таких сетях запутывается только незначительный процент молодых крабов. Возможны и другие пути улучшения сетей. В настоящее время созданы ловушки для крабов, напоминающие по устройству верши. Из ловушек легко выпускать неповрежденную молодь, но камчатский краб — животное крупное и ловушки для него очень громоздки. Их трудно употреблять у западного побережья Камчатки, лишнего бухт для захода судов. Совершенствование ловушек, методов их эксплуатации, достижение рентабельности их использования — одна из реальных мер, которые могут привести к увеличению запасов краба.

<sup>1</sup> В. Н. Беклемишев. Пространственная и функциональная структура популяций. «Бюлл. Моск. о-ва испыт. природы, отд. биол.», т. 65, 1960, вып. 2.

<sup>1</sup> *Lafoeina maxima*.

# «Борозды» земной коры

Е. Д. Сулиди-Кондратьев, В. В. Козлов  
Кандидаты геолого-минералогических наук



Евгений Дмитриевич Сулиди - Кондратьев — старший научный сотрудник Научно - исследовательской лаборатории геологии зарубежных стран. Работает в области тектоники и региональной геологии Саяно-Алтайской области и Аравийского полуострова, а также изучает геологию и тектонику Луны. В настоящее время занимается проблемой бороздовых структур. Автор многих научных и научно - популярных работ по этим вопросам.



Владимир Викторович Козлов — старший научный сотрудник Научно - исследовательской лаборатории геологии зарубежных стран. Много лет работал в Средней Азии, на Северо-Востоке СССР и в Восточном Средиземноморье, где занимался вопросами неотектоники и региональной геологии. Опубликовал несколько научных и научно-популярных статей, в том числе по геологии Луны.

Если посмотреть на геологическую карту Европейской части Советского Союза, то можно обратить внимание, что среди обширной Восточно-Европейской платформы, где осадочные породы лежат почти горизонтально, резко выделяется Донецкий бассейн, в котором слои смяты в складки и разбиты крупными разломами.

Основатель советской тектонической школы акад. Н. С. Шатский в своем последнем докладе 21 мая 1960 г. ввел в геологическую науку новое понятие — авлакоген (или бороздой рожденный). Так им были названы крупные осложненные складками прогибы в теле платформ, генетически связанные с зонами региональных разломов, наиболее ярким примером которых является как раз Донецкий бассейн.

Платформы в отличие от складчатых поясов (геосинклинальных складчатых систем) — это области, в пределах которых древний кристаллический фундамент перекрыт мощным чехлом почти горизонтально залегающих осадочных пород. Поэтому они, как правило, представляют собой обширные равнины, где в обычном геологическом маршруте можно увидеть лишь самые верхние части платформенного чехла. Когда-то считалось, что платформы бедны полезными ископаемыми, однако в последние десятилетия на них были обнаружены огромные месторождения нефти, природного газа, фосфоритов, каменного угля и многих других видов минерального сырья.

Освоение природных богатств платформенных областей потребовало детального изучения их строения при помощи глубокого бурения и разнообразных геофизических методов. Оказалось, что платформенные области неоднородны. В их пределах геологи находят выступы фундамента, прогибы, отдельные складки и целые зоны сложного строения, которые раньше считались свойственными лишь складчатым областям. Длительные исследования выявили, что фундамент платформ представляет настоящую мозаику из крупных блоков, которые разделены разломами протяженностью во многие сотни километров.

Н. С. Шатский наметил новое направление в изучении платформ, которое успешно развивается многими представителями советской тектонической школы. Большой вклад в изучение авлакогенов был внесен советским тектонистом А. А. Богдановым, который выделил среди них несколько типов и выявил новые авлакогены в пределах Восточно-Европейской и Африканской платформ. Другой советский геолог М. В. Муратов впервые установил развитие авлакогенов на Индийской платформе. Значительный интерес представляют работы В. Е. Хаина, который особо выделил среди авлакогенов структуры, испытавшие вслед за прогибанием складчатые деформации. Сейчас уже можно говорить о своего рода «учении об авлакогенах» — настолько многочисленны исследования, посвященные этой проблеме.





Сложные складки в восточной части Памиро-Алайской зоны

Нельзя не отметить, однако, что некоторые исследователи до сих пор скептически относятся к идее об авлакогенах, поскольку под этим названием выделяются разнообразные по строению внутриплатформенные зоны, нередко простые грабены. Еще нет точного определения, что же считать авлакогеном, нет их подробной классификации, во многом неясно, какое место занимают эти структуры в тектонической эволюции Земли, можно ли наметить современные аналоги авлакогенам, возникшим в далеком геологическом прошлом. Последний вопрос, на наш взгляд, особенно интересен.

Какие же структуры могут быть признаны аналогами древних авлакогенов? Кроме авлакогенов, с региональными разломами на платформах связаны своеобразные структуры — рифты, которые давно уже привлекают внимание геологов. Это крупные провалы или системы грабенов на платформах, ограниченные разломами. Наиболее широко они распространены на Африканской платформе и связаны с грандиозной си-

стемой Великих Африканских разломов. На территории СССР рифтом является впадина оз. Байкал и соседние с нею Баргузинская, Верхне-Ангарская, Чарская и другие впадины. Хотя термин «рифт» можно встретить еще в трудах известного геолога прошлого века Э. Зюсса, с их изучением связано множество нерешенных проблем. Рифтам уделяется особо важное место в международном проекте по изучению верхней мантии Земли, разработанном под руководством советского ученого В. В. Белоусова.

Авлакогены и рифты сближает их происхождение. Они связаны с крупнейшими расколами в теле платформ, с теми бороздами, о которых говорил Н. С. Шатский, вводя понятие авлакоген.

В последние годы В. Е. Хаиним была высказана идея о генетической близости авлакогенов и рифтов.

К авлакогенам относят прогибы, заполненные древними толщами, которые испытали складчатость осадочных

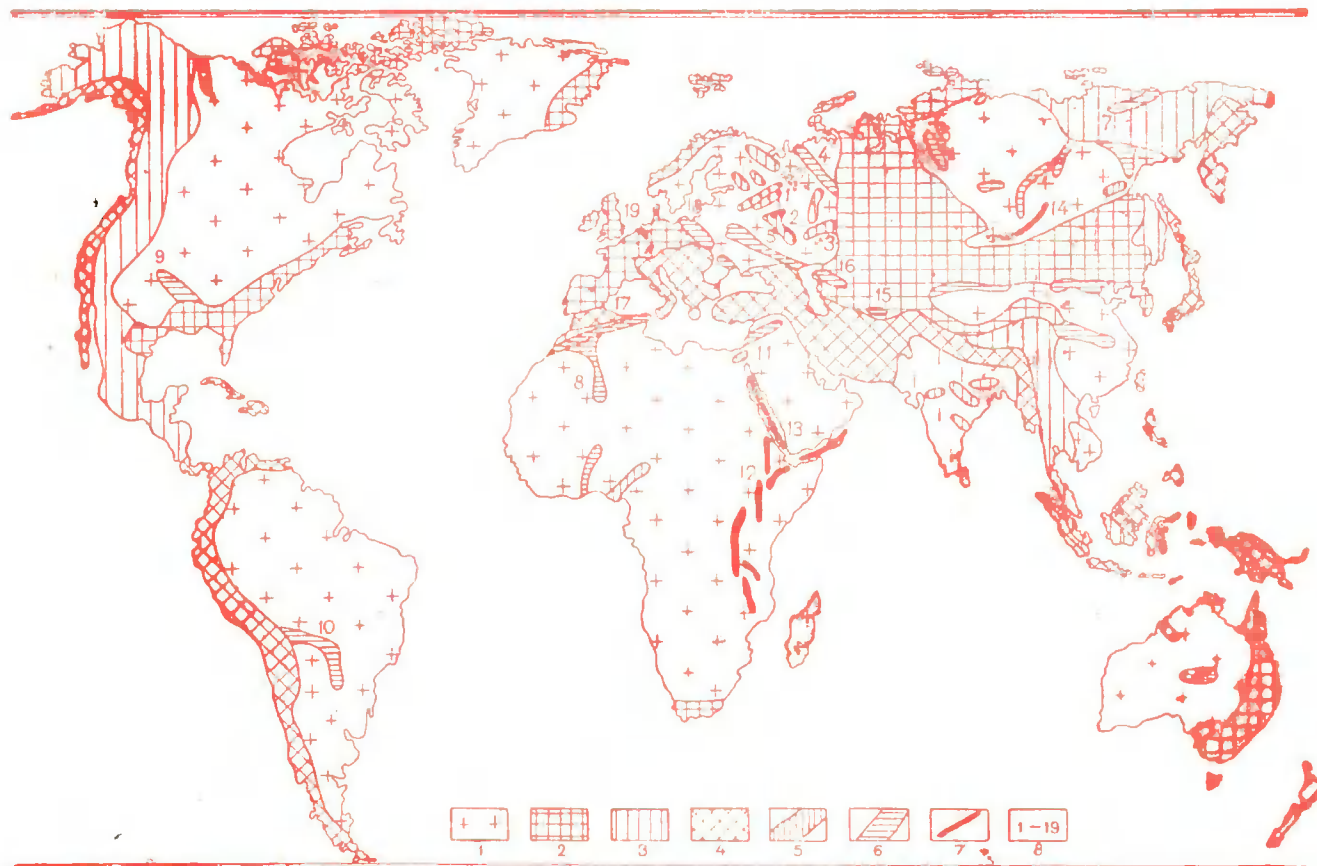


Схема размещения главнейших бороздовых структур. Платформенные области: 1 — докембрийские, 2 — эпикаледонские и эпигерцинские, 3 — эпимезозойские; 4 — области кайнозойской складчатости; бороздовые структуры: 5 — завершенные, 6 — незавершенные; 7 — рифты; 8 — номер структуры соответствует ее названию в таблице на стр. 60



пород. По своему строению и внешнему виду они непохожи на современные провалы в земной коре — грабены и рифты, ограниченные крутыми обрывами и часто заполненные глубокими озерами или даже морями.

Попытаемся все-таки поставить в один ряд древние и молодые бороздовые структуры, подойти с разных позиций к единой проблеме геотектоники — проблеме бороздовых структур.

## Типы бороздовых структур

Среди разнообразных бороздовых структур на платформах можно наметить несколько основных типов, генетически связанных с крупнейшими разломами. Платформенные области Земли неодинаковы. Прежде всего их принято различать по возрасту. Обычно выделяют древние платформы, возникшие в докембри, и платформы более молодого возраста, которые называют по времени консолидации складчатого основания эпикаледонскими, эпигерцинскими и эпимезозойскими платформами. Они разделяются областями кайнозойской складчатости, в которых еще неполностью закончились сложные тектонические процессы, приводящие к резким изменениям лица Земли.

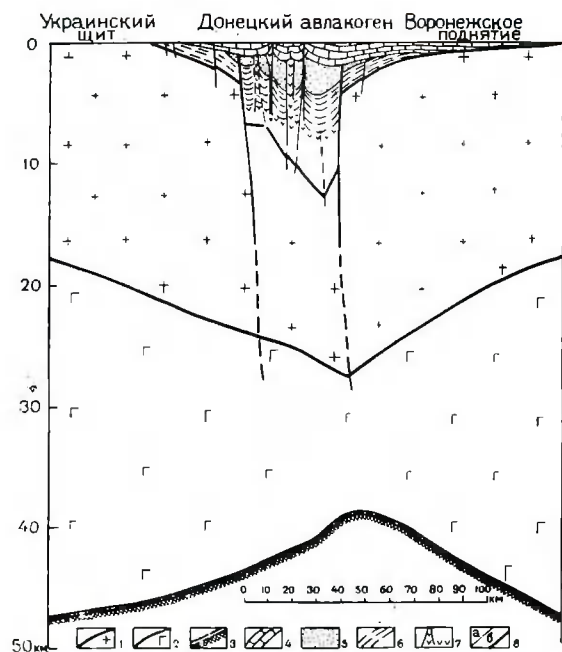
Бороздовые структуры могут занимать различное положение в строении платформ. Они располагаются в пределах внутренних частей платформ (внутриплатформенные структуры) и на границах платформ разного возраста (краевые структуры). Не исключено, что значи-

тельная часть внутриплатформенных бороздовых структур на самом деле являются краевыми, разделяя крупные блоки платформ с разновозрастной консолидацией, однако установление их возраста в пределах древних платформ связано с большими трудностями. Некоторые бороздовые структуры обнаруживают свое продолжение в пределах обрамляющих платформы геосинклинальных областей, что связано со сквозным развитием глубинных разломов.

Платформенные бороздовые структуры разнообразны по морфологии, проявлению складчатости, магматизму, характеру развития и особенностям отложений. Полная и детальная классификация этих структур пока еще не разработана. Но уже сейчас среди них вполне определенно выделяются основные типы, различные по времени образования.

Авлакогены развиваются в течение длительного времени в пределах древних платформ. Большинство из них заложилось еще в протерозое, хотя часть авлакогенов возникла лишь в раннем палеозое. Крупные платформенные приразломные прогибы и складчатые зоны сформировались в пределах молодых платформ, что определило меньшую продолжительность их развития, а в связи с этим — ряд особенностей в их строении. Структуры этого типа пока не получили своего названия.

Бороздовые структуры платформ в целом имеют ряд общих черт: линейность формы при протяжении в несколько сотен, иногда более 1000 км при ширине в



Строение земной коры в районе Донецкого авлакогена: 1 — гранитный слой коры; 2 — базальтовый слой коры; 3 — кровля верхней мантии; 4 — верхнепермские и мезозойские отложения; 5 — верхнекаменноугольные и нижнепермские отложения; 6 — девонские, нижне- и среднекаменноугольные отложения; 7 — вулканогенные образования; 8 — разломы (а — второстепенные, б — главные)

десятки или первые сотни километров; большая роль крупных разломов в структуре, приводящая к блоковому строению; длительность развития, часто на протяжении нескольких геологических периодов; характерный набор осадочных и вулканогенных формаций большой мощности; формирование складчатых структур приразломного характера при отсутствии полной складчатости; отсутствие или весьма слабое проявление интрузивного магматизма.

Рифты можно рассматривать в качестве молодых бороздовых структур, которые возникли в новейшее время в пределах платформ разного возраста.

## Авлакогены

К числу авлакогенов принадлежат многие бороздовые структуры. Донецкий авлакоген с его богатыми месторождениями каменного угля, нефти, газа и многих других полезных ископаемых давно уже детально исследован. Он разделяет крупнейшие структуры Восточно-Европейской платформы — Украинский щит и Воронежскую антеклизу, представляя собой сложно построенный прогиб шириной около 250 км и протяженностью 1500 км. С севера и юга он резко ограничен краевыми глубинными разломами.

На разных участках Донецкий авлакоген имеет разнородное строение. В юго-восточной части его расположен собственно Донбасс. Это сложная система линейных складок протяженностью в десятки километров, осложненных крутыми разломами. Вдоль северного борта Донбасса прослеживаются надвиги. Мощность

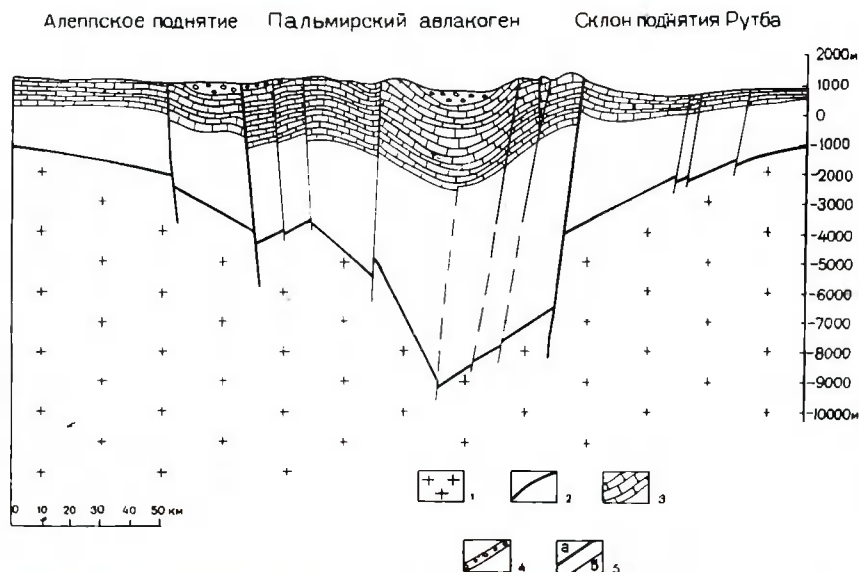
осадочного заполнения в этом прогибе возрастает с запада на восток от 10—12 до 20 км. Фундамент сильно раздроблен, и перемещение его отдельных блоков достигает 2—3 км.

К северо-западу от Донбасса находится Днепровско-Донецкая впадина, в пределах которой фундамент опущен до 5—6 км в западной части и до 12 км — на востоке. Эта впадина имеет сложное глыбовое строение с многочисленными проявлениями соляной тектоники, обусловленной развитием мощных соленосных толщ девона и перми. В отличие от Донбасса здесь преобладают брахискладки и соляные купола.

Далее к западу продолжением Днепровско-Донецкой впадины можно считать Припятский прогиб, который отделен от нее поднятием в районе Чернигова, где кристаллические породы залегают неглубоко. Припятский прогиб также ограничен краевыми разломами. Глубина залегания фундамента составляет 4—5 км в наиболее погруженных блоках. В составе осадочных пород, заполняющих этот прогиб, выделяются девонские соленосные толщи, с которыми связано образование пологих куполовидных структур.

Хотя тектоническое развитие Донбасса, Днепровско-Донецкой впадины и Припятского прогиба было неодинаковым, а их строение во многом различно, эти структуры объединяются в крупный авлакоген, связанный с единой бороздой в теле Восточно-Европейской платформы.

Каковы начальные этапы формирования Донецкого



Геологический профиль, пересекающий Пальмирский авлакоген: 1 — кристаллические породы фундамента; 2 — кровля фундамента; 3 — карбонатные отложения; 4 — терригенные отложения; 5 — разломы (а — главные, б — второстепенные)

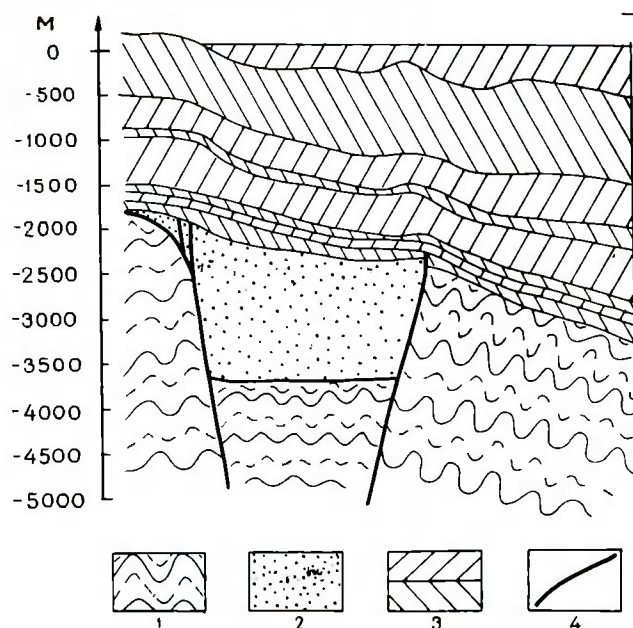
авлакогена? Большинство исследователей считает, что Донбасс, например, заложился в девоне, когда в прогибе накопилась мощная толща основных эффузивов. В конце палеозоя этот прогиб заполнился мощной толщей терригенных угленосных отложений. Накопление осадков завершилось складкообразовательными движениями. В мезозое Донецкий авлакоген завершил свое развитие и был частично перекрыт маломощными отложениями платформенного чехла. Глубинное сейсмическое зондирование показало, что мощность коры (гранитного и базальтового слоев) под этим авлакогеном сокращена до 35—40 км по сравнению с корой типично платформенного типа (мощностью 50—60 км), распространенной в смежных районах. В основании коры здесь установлен слой со скоростями сейсмических волн 7,3—7,7 км/сек, превышающих нормальные значения для коры базальтового состава. Этот слой был образно, хотя и не совсем удачно, назван К. Л. Куком (1962 г.) «смесью коры и мантии». В большинстве случаев подобный слой обнаруживается в тектонически активных областях, где или происходит в настоящее время, или происходило в прошлом внедрение мантийного вещества в основание коры. Интенсивные тектонические процессы в поверхностных частях коры (в осадочном слое) связываются с возникновением на границе раздела верхняя мантия—земная кора неустойчивости.

К авлакогенам другого типа следует отнести своеобразную структуру на крайнем северо-востоке Африкано-Аравийской платформы. А. А. Богданов (1961 г.) назвал ее Пальмирским авлакогеном. В современной структуре Пальмирский авлакоген выражен системой складок и разломов. Каждая крупная антиклиналь обычно представляет собой целый горный хребет или гряду.

Хребты Пальмирид резко контрастируют с ровным плато, занятым каменной Сирийской пустыней. Отдельные антиклинальные складки протягиваются в длину до 20—30 км при ширине всего лишь в 2—5 км. Протяженность всей сложной в геологическом отношении зоны Пальмирид достигает 500 км при ширине немногим более 100 км.

Пальмириды возникли на крупном тектоническом шве, заложившемся, вероятно, еще в позднем докембрии. В течение длительной геологической истории здесь существовал прогиб, заполнявшийся преимущественно морскими карбонатными, реже — гипсоносными лагунами и обломочными континентальными отложениями большой мощности (по геофизическим данным, в Пальмиридах фундамент платформы опущен на 9 км, тогда как в смежных участках платформы он залегает на глубине лишь 2—3 км). Неравномерное погружение отдельных блоков фундамента обусловило появление складок, образовывавшихся одновременно с накоплением осадков. В неогене произошла резкая смена тектонического режима: на месте прогиба возникла складчатая зона, а в дальнейшем — горная область, где тектонические движения до сих пор не прекратились. В настоящее время происходит рост горных хребтов, а крупно-обломочный материал с них поступает в межгорные впадины, сохранившие тенденцию к опусканию.

В пределах Восточно-Европейской платформы установлено несколько своеобразных авлакогенов, которые в отличие от Донбасса и Пальмирид почти не выражены на поверхности. Это древние грабены, заполненные толщами верхнего протерозоя (рифей). К их числу Н. С. Шатский относил Пачелмский авлакоген. В рифее он представлял собой глубокий прогиб, заполнявшийся



Геологический профиль через Абдулинский авлакоген: 1 — породы кристаллического фундамента; 2 — рифейские осадочные породы; 3 — девонские, каменноугольные и пермские отложения; 4 — разломы

преимущественно терригенными осадками до 1—2 км мощности. Формирование авлакогена закончилось в начале палеозоя, когда в девоне он был перекрыт отложениями платформенного чехла. Подобное же строение имеют Абдулинский, Московский и Крестцовский авлакогены. В последние годы к ним привлечено особое внимание геологов в связи с поисками месторождений нефти и газа.

С региональными разломами в пределах молодых платформ связаны своеобразные приразломные прогибы и складчатые зоны. К их числу могут быть отнесены складчатая зона Мангышлака на Туранской плите, Поморско-Куявская зона вблизи западной границы Восточно-Европейской платформы, Бербериды, или прогиб Сахарского Атласа на севере Африканского континента и др. Все эти зоны начали формироваться главным образом после завершения герцинской складчатости на крупных тектонических швах, которые располагались на границах древних (докембрийских) и молодых (эпигерцинских) платформ или в их краевых частях. Эти структуры имеют ряд общих черт строения с древними авлакогенами.

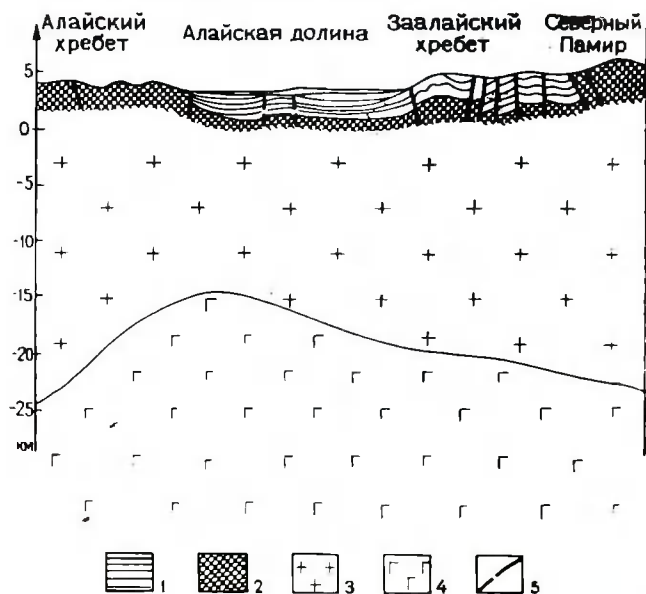
В тектоническом развитии бороздовых структур можно наметить ряд стадий. Отдельные бороздовые структуры проходят полное тектоническое развитие, и по аналогии со складчатыми областями их можно назвать завершенными, т. е. закончившими свое формирование, как например Донбасс. Некоторые авлакогены находятся в стадии горообразовательных движений, или являются орогенными (Пальмириды). Для ряда авлакогенов установлено, что они не испытали складкообразовательных движений, хотя давно закончили свое тектоническое развитие. Примерами таких незавершен-

ных по развитию бороздовых структур могут служить многие древние авлакогены Восточно-Европейской платформы (Пачелмский, Крестцовский и Абдулинский авлакогены).

## Рифты

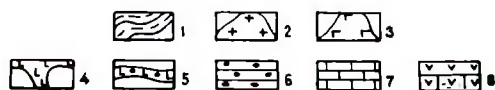
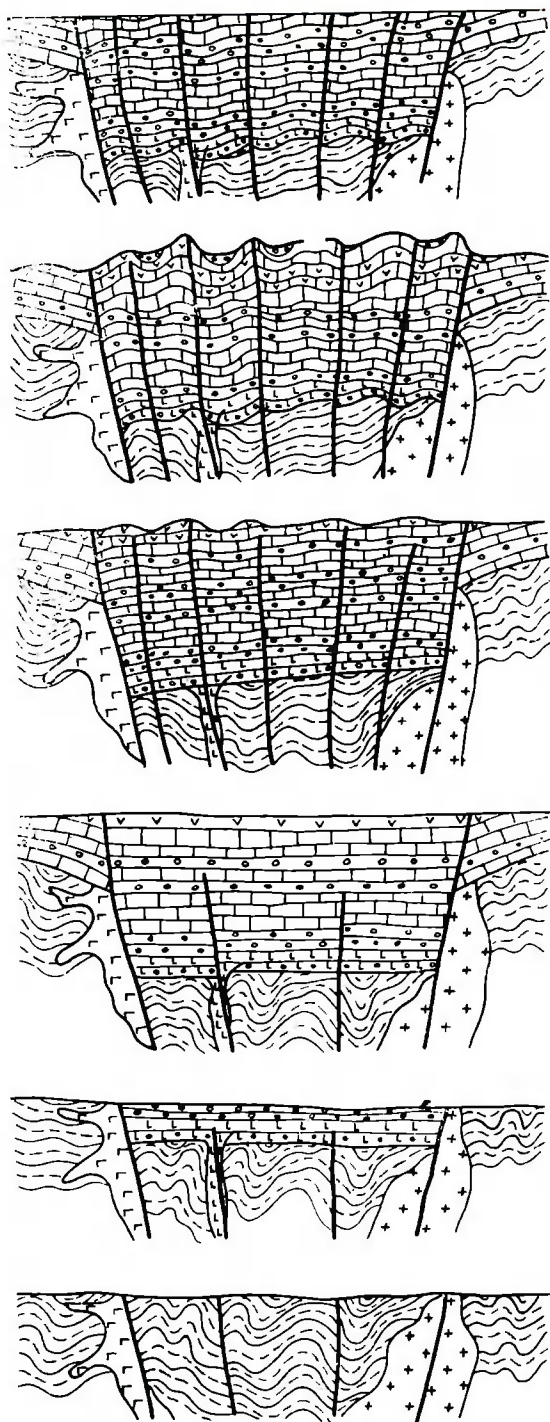
Детальные исследования последних лет позволили выдвинуть концепцию о том, что рифты образуют мировую рифтовую систему. Эти структуры протягиваются вдоль осевых частей срединноокеанических хребтов и проникают в пределы континентов, рассекая древние платформы<sup>1</sup>. Эти рифты представляют особый интерес для выяснения закономерностей в эволюции земной коры. Одной из наиболее примечательных структур этого типа является рифт Красного моря — крупнейший грабен в земной коре. Он отделяет от Африканского континента обособленный тектонический блок Аравийского полуострова. Рифт Красного моря сформировался вдоль древнего глубинного шва, проявившегося, вероятно, еще в позднем докембрии. Так как эта структура образовалась недавно, рельеф ее четко отражает тектонику, основные особенности которой устанавливаются даже при анализе гипсометрической и батиметрической карт. Рельеф впадины показывает, что она обрамлена тектоническими уступами, прямолинейные отрезки которых отделяют приморские равнины от гор Абиссинии, Судана, Восточной пустыни ОАР, Аравии и Йемена. Вдоль этих разломов в Тихаме (приморской равнине Аравии) известны многочисленные вулканы, извержения которых происходили в четвертичное время. В пределах Тихамы развиты плиоценовые отложения, которые образовались

<sup>1</sup> В этой статье мы не будем касаться рифтов срединноокеанических хребтов.



Строение земной коры в восточной части Памиро-Алайской зоны: 1 — мезозойские и кайнозойские породы; 2 — палеозойские породы; 3 — гранитный слой коры; 4 — базальтовый слой коры; 5 — разломы





на дне ранее сформировавшегося грабена. Приморские равнины вместе с прибрежной отмелью образуют единую тектоническую ступень, ограниченную сбросами от главной впадины моря (шириной 200—250 км) с глубинами 500—800 м. В центральной части Красного моря выделяется осевой грабен с глубинами до 2,5 км. Ширина его составляет 30—60 км. В акватории Красного моря проведены геофизические исследования, которые показали наличие в его осевой части крупных положительных гравитационных и геомагнитных аномалий. Скорее всего, эти аномалии вызваны внедрением магм основного состава, залегающих на глубине порядка 1,5 км ниже дна моря. В этой зоне наблюдается повышенный тепловой поток и гидротермальная деятельность, приводящая к отложению на дне соединений железа. Вдоль осевого грабена и краевых сбросов располагаются эпицентры землетрясений с очагами на небольшой глубине. В противоположность осевому грабену в шельфовых зонах зафиксированы отрицательные аномалии силы тяжести, объясняемые недавним погружением и накоплением мощных толщ осадков (до 6 км).

Мощность земной коры в пределах Красного моря намного меньше, чем в смежных районах Африки и Аравии. По геофизическим данным она составляет около 24 км. Вдоль разломов местами выжаты блоки ультраосновных пород, приближающихся по своим свойствам к мантийному веществу. В основании коры в Красном море выделяется слой со скоростями 7,3—7,7 км/сек. По строению коры рифт Красного моря можно сопоставить с Донецким авлакогеном.

Своеобразная рифтовая структура на территории СССР — это впадина озера Байкал. Начиная с исследований акад. В. А. Обручева, установившего его тектоническую природу и обратившего внимание на многие признаки молодых тектонических движений, этот район дает богатый материал для новых идей в геотектонике. Рифт Байкала является обособленной структурой, которая не имеет отчетливых связей с мировой рифтовой системой, а принадлежит к своеобразным внутриконтинентальным рифтам. Изучение Байкала послужило основой для ряда интересных выводов о происхождении подобных впадин (Н. А. Флоренсов)<sup>1</sup>, о периодичности землетрясений и современных тектонических движений (В. В. Ламакин)<sup>2</sup>, о возможном механизме рифтообразования в условиях сложных тектонических перемещений блоков земной коры.

<sup>1</sup> «Природа», 1967, № 8, стр. 107.

<sup>2</sup> «Природа», 1966, № 9, стр. 23.

Развитие бороздовых структур (снизу вверх). Породы фундамента: 1 — осадочные и метаморфические, 2 — интрузивные; 3 — вулканогенные. Породы платформенного чехла: 4 — вулканогенные; 5 — вулканогенно-осадочные; 6 — терригенные; 7 — карбонатные; 8 — гипсоносно-соленосные. Профили на схеме соответствуют стадиям развития таких бороздовых структур в земной коре, которые после длительной эволюции в течение сотен миллионов лет завершили свое формирование





Сложные приразломные складки в протерозойских отложениях Юдомского авлакогена

## Возраст и характер развития бороздовых структур

| Платформа | Типы бороздовых структур               | Название (номер в скобках соответствует номеру структуры на карте) | Время заложения      | Характер развития | Время окончания развития | Продолжительность развития в млн лет |
|-----------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Древние   | Авлакогены                             | Крестцовский (1)                                                   | Pt <sub>3</sub>      | Незавершенный     | D <sub>2</sub>           | 600                                  |
|           |                                        | Пачелмский (2)                                                     | »                    | »                 | »                        | 600                                  |
|           |                                        | Абдулинский (3)                                                    | »                    | »                 | »                        | 600                                  |
|           |                                        | Тиманский (4)                                                      | См                   | Завершенный       | P                        | 300                                  |
|           |                                        | Донецкий (5)                                                       | D, Pt <sub>3</sub> ? | »                 | T                        | 150 или 700                          |
|           |                                        | Енисейский (6)                                                     | Pt <sub>3</sub>      | »                 | P                        | 700                                  |
|           |                                        | Юдомский (7)                                                       | Pt <sub>2</sub>      | »                 | Cr                       | 1700                                 |
|           |                                        | Угарта (8)                                                         | Pt <sub>3</sub>      | »                 | P                        | 700                                  |
|           |                                        | Вичита (9)                                                         | »                    | »                 | »                        | 700                                  |
|           |                                        | Чикитос (10)                                                       | »                    | »                 | »                        | 700                                  |
|           |                                        | Пальмирский (11)                                                   | »                    | Орогенный         | —                        | 1000                                 |
|           | Рифты                                  | Система Великих Африканских разломов (12)                          | N                    | Тафрогенный       | —                        | 30                                   |
|           |                                        | Красного моря (13)                                                 | »                    | »                 | —                        | 30                                   |
|           |                                        | Озера Байкал (14)                                                  | »                    | »                 | —                        | 30                                   |
| Молодые   | Приразломные прогибы и складчатые зоны | Памиро-Алайский (15)                                               | T                    | Орогенный         | —                        | 250                                  |
|           |                                        | Мангышлакский (16)                                                 | P                    | »                 | —                        | 250                                  |
|           |                                        | Берберидский (17)                                                  | T                    | »                 | —                        | 250                                  |
|           |                                        | Поморо-Куявский (18)                                               | C                    | Завершенный       | Pg                       | 300                                  |
|           | Рифты                                  | Рейнский грабен (19)                                               | N                    | Тафрогенный       | —                        | 30                                   |

И. В. Лучицкий и П. М. Бондаренко (1967 г.) провели в лабораторных условиях моделирование тех грандиозных тектонических процессов, которые создали Байкал и другие впадины такого же типа. Советские геологи и геофизики наметили широкий план изучения Байкала, который, несомненно, будет во многом способствовать расшифровке сложного процесса рифтообразования.

Почти все рифты сейчас находятся в стадии интенсивного прогибания и относятся к так называемым тафрогенным структурам. Они во многом напоминают авлакогены, но только не в их современном виде, а в той форме, в которой они находились (судя по палеогеографическим реконструкциям) в своей начальной стадии развития. Тогда авлакогены также были грабенами, глубокое погружение которых не успевало компенсироваться накоплением осадков и сопровождалось во многих случаях интенсивным вулканизмом. Такое сравнение представляется весьма заманчивым, так как позволяет, в случае его справедливости, изучить процесс образования бороздовых структур на примере современных рифтов. Эта проблема заслуживает серьезного изучения.

Между рифтами и авлакогенами в начальной стадии развития могут быть вполне объяснимые различия. Ведь в процессе геотектонической эволюции земной коры происходит закономерное изменение всех тектониче-

ских элементов: молодые платформы и геосинклинали далеко не тождественны их древним аналогам. Подобная закономерность, несомненно, должна быть характерна и для бороздовых структур.

## Эволюция земной коры

В процессе длительного развития земной коры неоднократно возникали особые тектонические условия, когда вслед за замыканием геосинклиналей формировались платформенные области. Вначале они были неустойчивыми и раскалывались на крупные блоки. Часто в процессе развития древние, уже стабилизированные ядра платформ как бы обрастали «отмершими» геосинклиналями. В этом случае расколы обычно образовывались на границах древних и более молодых платформ. Гигантские тектонические швы «рождали» бороздовые структуры — авлакогены древних платформ, приразломные прогибы и складчатые зоны молодых платформ. В отличие от них возникновение рифтов, приуроченных также к региональным разломам, связано с этапом тектонической активизации платформ. Таким образом, авлакогены и близкие к ним структуры, с одной стороны, и рифты, с другой, являются «бороздой» рожденными структурами, но приурочены к разным эпохам тектонического развития платформ. Вместе с тем генетическая общность

этих структур в сочетании со сравнительной молодостью рифтов позволяет сравнивать их с ранними стадиями авлакогенов.

Наряду с общими чертами, бороздовые структуры разного типа обладают существенными различиями. Эти различия определены необратимым развитием земной коры, в разные этапы эволюции которой возникают структуры разного типа.

Большинство авлакогенов сформировалось в позднем докембрии, т. е. 1000—1600 млн лет назад (см. таблицу). Приразломные структуры и складчатые зоны молодых платформ возникли примерно 250 млн лет назад, после завершения герцинской складчатости, в начале мезозоя. Большинство рифтов образовалось на рубеже палеогенового и неогенового периодов, т. е. всего около 30 млн лет назад. Знаменательно, что отрезки времени, в которые происходило образование бороздовых структур, приурочены к переломным моментам в истории земной коры, когда резко менялось ее строение.

В позднем докембрии Г. Штилле выделил эпоху «великого обрушения», когда возникли гигантские расколы земной коры и образовались крупные впадины так называемых праокеанов (Тихого и частично Атлантического). Образование авлакогенов на платформах можно связывать с грандиозными процессами «океанизации» коры. Структурная перестройка этого времени не могла не затронуть даже наиболее устойчивые части коры — платформы, в пределах которых возникли грандиозные расколы, приведшие к образованию авлакогенов. Постепенно выясняется, что процесс становления древних платформ был сложным и происходил в несколько этапов, которым соответствуют отдельные эпохи возникновения авлакогенов (в среднем и позднем протерозое).

Крупные приразломные структуры на эпигерцинских платформах образовались в тот этап, когда возникла основная масса океанических впадин («неоокеаны, по Г. Штилле) и морфоструктура земной поверхности приблизилась к современной. Перестройка коры сопровождалась расколами на платформах, с которыми во многих регионах были связаны массовые излияния базальтов. Тогда же образовались вторичные геосинклинальные пояса. Все эти события позволили выделить заключительную мегастадию развития земной коры. С этого времени, по-видимому, следует выделить также крупнейший этап и в развитии земной поверхности, получивший название геоморфологического (И. П. Герасимов, Ю. А. Мещеряков). Таким образом, приразломные прогибы и складчатые зоны, подобно авлакогенам, также тесно связаны с важным этапом перестройки земной коры.

Возникновение рифтов закономерно приурочено к началу неогена, т. е. к началу новейшего (или неотектонического) этапа (Н. И. Николаев, 1964 г.), когда происходит резкая активизация тектонических движений на платформах и в больших масштабах отмечается наземный

базальтовый вулканизм. Новейший период тектонического развития — это новый крупный этап структурной перестройки коры, благоприятный для возникновения расколов на платформах с образованием бороздовых структур.

Бороздовые структуры разного типа (авлакогены древних платформ, приразломные прогибы и складчатые зоны молодых платформ и рифты) возникали в главнейшие эпохи структурной перестройки, когда нарушалось равновесие глубинных процессов в верхней мантии. Это приводило к расколам коры, к подъему глубинного материала и к интенсивному базальтовому вулканизму. Такой вывод может наметить новые перспективы для выявления развития разнородных, но взаимосвязанных структур в процессе направленной и необратимой эволюции земной коры. Такой вывод подтверждается данными о сложном строении земной коры под бороздовыми структурами, где отмечаются резкие изменения ее мощности, вплоть до полного исчезновения гранитного слоя. Думается, что международный проект по изучению верхней мантии во многом выиграет, если проблема рифтов будет тесно увязана с исследованиями их древних аналогов — авлакогенов и других бороздовых структур.



# Сополимеры

А. Е. Чучин

Кандидат химических наук



Александр Евгеньевич Чучин —

старший научный сотрудник отдела химии Всесоюзного электротехнического института в Москве, автор ряда работ по синтезу привитых сополимеров на основе полимерных гидроперекисей. За исследования в этой области А. Е. Чучин дважды, в 1965 и 1966 гг., был удостоен премии Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева и награжден дипломами.

## Рождение «прекрасного лебедя»

О полимеризации органических соединений стало известно 135 лет назад. Однако случайно полученные полимеры не были изучены, часто их просто не принимали в расчет. Лишь несколько десятилетий назад смолоподобные и стеклообразные продукты, которые, по выражению английского химика Ф. Дейнтона, рассматривались химиками-органиками как «гадки утят», привлекли к себе серьезное внимание ученых. Появилась надежда, что в результате научных исследований они превратятся в «прекрасных лебедей».

Привычная нелюбовь органиков к «гадким утятам» объяснялась, очевидно, сложностью проблемы, ибо из многих тонких превращений, происходящих в природе, процессы, приводящие к химическому соединению малых молекул в крупные, являются, несомненно, одними из наиболее трудновоспроизводимых. Химики и физики вместе с биологами и математиками, используя счетно-вычислительную технику и современные физические методы исследования, начинают теперь раскрывать тайны природных макромолекул, управляющих наследственностью, обменом веществ и мышечно-двигательными процессами. Кроме того, химики научились синтезировать полимеры, которые не встречаются в природе. Рождение «прекрасного лебедя» произошло на наших глазах.

Существенным стимулом для развития работ в области высокомолекулярных соединений послужило установление того факта, что характерные свойства макромолекул являются не только суммой свойств элементарных звеньев, но и носят качественно иной характер. Достаточно упомянуть присущие лишь полимерам резиноподобные высокоэластические свойства<sup>1</sup>.

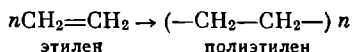
Техника эксперимента и теория за последние годы продвинулись настолько далеко, что задача получения известным образом построенных больших молекул с определенным набором свойств оказалась практически осуществимой. В ряде случаев уже сейчас удается получать линейные и разветвленные полимерные цепи, звенья которых располагаются в заданном порядке. Химики научились «сшивать» отдельные макромолекулы подобно тому, как ткацкая машина «сшивает» отдельные нити в ткань и «выводить» новые, гибридные сорта полимеров, подобно садовникам, которые выводят новые типы плодовых растений, скрещивая, скажем, грушу с яблоней или смородину с крыжовником.

## Полимеры-гибриды

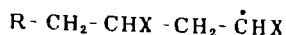
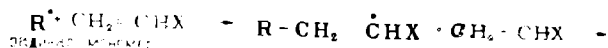
В молекулах полимеров тысячи атомов химически соединены друг с другом, но не беспорядочно, а в определенной последовательности. Совокупность атомов, образующих повторяющийся участок полимерной мо-

<sup>1</sup> «Природа», 1968, № 4, стр. 36—47.

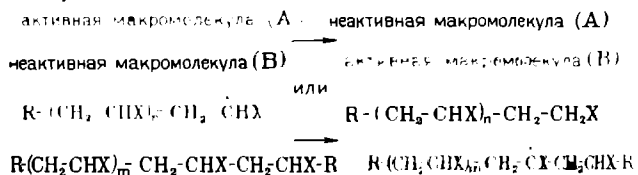
лекулы, называется элементарным звеном, которое по своему составу аналогично или близко составу мономера, из которого полимер получен. Мономерами часто служат вещества с ненасыщенными связями (на схемах такие связи изображаются двумя или тремя черточками в зависимости от того, какое количество пар электронов связывает два углеродных атома). Ненасыщенные молекулы способны образовывать полимеры с раскрытием одной из связей. Например,



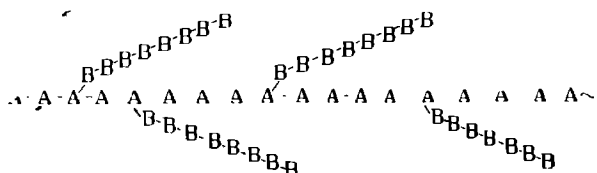
Свободные радикалы, образующиеся при распаде некоторых неустойчивых соединений, ускоряют процесс полимеризации. Свободный радикал является активным центром радикальной полимеризации и представляет собой молекулу или ее часть с неспаренным электроном. При полимеризации радикал присоединяет последовательно все новые и новые молекулы мономера, пока не произойдет обрыв цепи.



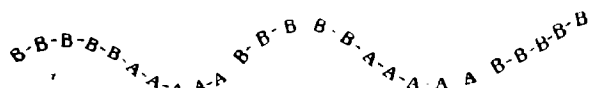
Растущая молекула полимера может оборвать цепь, передав активность другой молекуле. При этом принимающая активный центр макромолекула становится активной и начинает расти за счет присоединения к активному центру новых мономерных звеньев.



Если в полимерной цепи возникает несколько активных центров, молекула становится разветвленной и по форме напоминает ствол, от которого в разные стороны расходятся ветви. Химики решили использовать такие «ветви» для создания новых сортов полимеров. Действительно, если образовать в полимерной цепи активные участки и добавить мономер, но не тот, из звеньев которого она построена (обозначим такое звено буквой А), а, скажем, мономер В, то в результате реакции образуется привитой сополимер

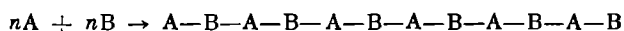


Если активные центры создать лишь на концах полимерной молекулы, то в присутствии мономера образуется так называемый блок-сополимер



Научившись прививать друг к другу различные полимеры, химики обнаружили в ряде из них свойства не менее удивительные, чем те, которые наблюдали садоводы-селекционеры у выведенных ими новых гибридных растений. Помимо того, что привитый сополимер обладал совокупностью свойств полимеров А—А—А—А и В—В—В—В, он в ряде случаев проявлял свойства, не обнаруживаемые ни в одном из них. Так оказалось, что некоторые привитые сополимеры подобно мылу эмульгируют систему масло—вода, тогда как ни один из составляющих полимеров, ни их механическая смесь не обладают этой способностью. Любопытно, что нечто подобное наблюдается и в мире растений: при отдаленных скрещиваниях в ряде случаев образуются новые признаки, которых не было ни у одной из исходных форм.

Полимеры, аналогичные по своему составу привитым сополимерам, можно получить, одновременно полимеризуя два или большее количество мономеров



В этом случае говорят о реакции линейной сополимеризации.

Однако было замечено, что не все мономеры способны сополимеризоваться, а большинство из них вступает в эту реакцию с различной активностью. Это значит, что соотношение элементарных звеньев А и В в сополимере не всегда соответствует соотношению количества мономеров, взятых в реакцию. Известны и такие мономеры, которые не могут полимеризоваться самостоятельно, и для полимеризации которых необходимо присутствие «компаньона».

Следуя по пути подражания природе, своего рода симбиозу, широко распространенному в животном-растительном мире, химики сумели получить ряд полимеров, образование которых было бы невозможно без сополимеризации.

Количественную оценку способности двух мономеров к сополимеризации можно произвести из значений констант сополимеризации ( $r$ ) — величин, показывающих во сколько раз скорость вступления мономера в реакцию гомополимеризации<sup>1</sup> выше скорости его сополимеризации с другим мономером. Константы сополимеризации мономеров А и В,  $r_A$  и  $r_B$  могут быть

<sup>1</sup> Процесс образования полимера из одного мономера.

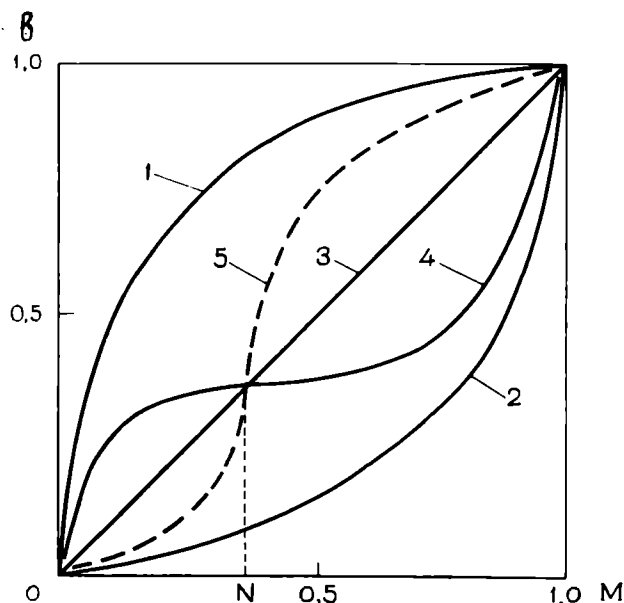


Рис. 1. Сополимеризация мономеров А и В. Зависимость доли звеньев мономера В в сополимере ( $v$ ) от доли мономера В в смеси мономеров ( $M$ ): 1— $r_A < 1$ ;  $r_B > 1$ . Соплимер обогащен звеньями мономера В: А—В—В—А—В; 2— $r_A > 1$ ;  $r_B < 1$ . Соплимер обогащен звеньями мономера А: А—В—А—А—В; 3— $r_A = r_B = 1$  (редкий случай). Состав сополимера соответствует составу мономерной смеси при всех значениях  $M$ ; 4— $r_A < 1$ ;  $r_B < 1$ . При  $M < N$  (азеотропная точка) сополимер обогащен звеньями мономера В, а при  $M > N$  сополимер обогащен звеньями мономера А; 5— $r_A > 1$ ;  $r_B > 1$  (в практике не встречается). Образуется смесь гомополимеров А—А—А—А и В—В—В—В.

определены экспериментально. Константа  $r_A$  больше 1 означает, например, что мономер А легче образует гомополимер, чем сополимер. При значениях  $r_A$  и  $r_B$  значительно больших единицы должна образоваться смесь гомополимеров А—А—А—А и В—В—В—В. Однако этот случай в практике не встречается; наиболее часто приходится иметь дело с мономерами, имеющими  $r_A > 1$ ,  $r_B < 1$  или  $r_A < 1$ ,  $r_B > 1$ , а также с системами, в которых  $r_A < 1$  и  $r_B < 1$  (рис. 1).

При  $r_A$  равном 0 мономер А не способен к гомополимеризации. Для его полимеризации (если она возможна) необходимо присутствие «компаньона» В. Соплимер при этом будет содержать не более 50% компонента А.

Чтобы найти значения  $r_A$  и  $r_B$ , нужно знать состав сополимера, который, в свою очередь, может быть определен по данным элементарного химического анализа или при помощи таких физических методов, как инфракрасная и ультрафиолетовая спектроскопия, ядерный магнитный резонанс<sup>1</sup> и т. п.

Количественная оценка сополимеризации позволяет управлять этим процессом и получать сополимеры различного строения с желаемыми свойствами. В зависимости от того, какую практическую цель преследует исследователь, он вводит в сополимер большее количество того или иного «материала», тех или иных мономерных звеньев. Химик выступает при этом в роли строителя-проектировщика: оценивая назначение будущего сооружения, он решает, из каких материалов оно должно быть построено. Например, при строительстве выставочного зала строитель использует большее количество стекла, чем при сооружении жилого здания. Химик же будет строить новый, стойкий к действию высоким температур, сополимер преимущественно из термостойких «материалов» — мономеров, содержащих атомы фтора, кремния, ароматические ядра или гетероциклы.

## Подражая природе

С другой стороны, задача, которую ставит перед собой химик, занимающийся процессами сополимеризации, сходна с задачей биолога-селекционера, ибо в конечном счете она сводится к получению новых сортов полимеров, имеющих ряд ценных свойств, которыми не обладает ни один из известных гомополимеров.

В сополимерах удачно сочетаются ценные свойства гомополимеров, входящих в макромолекулу в качестве элементарных звеньев, блоков или боковых ответвлений. Так, гомополимер полиэтилентерефталат обладает высокой прочностью и достаточной теплостойкостью, чем обусловлено его применение для получения лавсановых волокон. Однако лавсановые волокна плохо окрашиваются, разрушаются под действием пониженных температур и плохо впитывают влагу. Введение в цепи макромолекул полиэтилентерефталата участков полиэтиленоксида позволяет устранить эти недостатки без существенного ухудшения механических свойств и теплостойкости.

Большинство полимеров, встречающихся в природе,— это сополимеры. Среди природных полимерных веществ немало привитых и блок-сополимеров, образовавшихся в результате естественного отбора, поскольку они оказались наиболее приспособленными к условиям среды. Например, древесина большинства растений представляет собой привитый сополимер целлюлозы и лигнина; макромолекулы фиброина шелка состоят из кристаллических участков, включающих остатки глицина, аланина и серина, которые чередуются с аморфными участками, состоящими из остатков тирозина и двухосновных аминокислот. Соплимерами являются и нуклеиновые кислоты.

Стремление, с одной стороны, подражать природе, с другой — создавать новые, не известные ей материалы, а также желание получить возможно больше све-

<sup>1</sup> «Природа», 1961, № 11, стр. 44.

дений о жизненных процессах с помощью моделирования природных сополимеров синтетическими, обусловили быстрое развитие химии полимеров. К настоящему времени различными методами синтезировано огромное число привитых и блок-сополимеров; многие из них выпускаются в промышленных масштабах.

Сополимеризация позволяет значительно улучшить свойства материалов. Так, мономеры, содержащие сильно полярные группы, вводятся в углеводородный полимер для понижения его растворимости или склонности к набуханию. Полиакрилонитрил, полиэтилен и поливинилденхлорид — вещества, пригодные для поверхностного покрытия металлов, бумаги, тканей, поскольку они обладают хорошими поверхностными свойствами, устойчивы к действию растворителей и большинства химических реагентов. Однако сцепление их с покрываемыми металлами не всегда достаточно прочно. Сополимеризация с метилитаконатом, метилакрилатом и винилбутиратом в количествах от 5 до 10% повышает сцепление (адгезионную способность), не изменяя заметным образом других основных свойств этих полимеров.

В результате прививки к жестким цепям макромолекул некоторых полимеров удается получить более эластичные материалы. Привитые ветви при этом играют роль «внутренней смазки». В отличие от механически внесенной в полимер «смазки», так называемого пластификатора, «внутренняя смазка» не вымывается растворителями и не удаляется в процессе эксплуатации изделия, поскольку она химически связана с основной цепью полимера.

## Как управлять сополимеризацией

В основе самого простого и дешевого метода получения привитых сополимеров, предложенного известным химиком П. Флори в 1937 г., лежит реакция передачи цепи полимеру. Метод заключается в радикальной полимеризации мономера В в присутствии полимера, состоящего из звеньев А. На первой стадии реакции на полимере образуются активные центры, которые на второй стадии инициируют реакцию привитой сополимеризации



При этом образуется значительное количество гомополимера (В—В—В—В), от которого в дальнейшем довольно трудно избавиться.

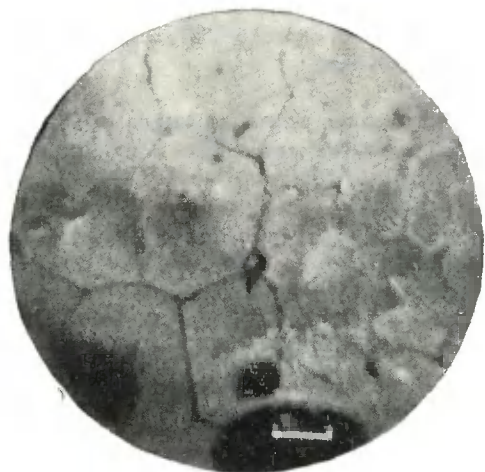
Возможность образования активных центров на неактивной полимерной молекуле может быть в ряде случаев оценена количественно. Для этого необходимо изучить особенности полимеризации мономера В в присутствии полимера А—А—А—А, оценить подвижность отдельных атомов неактивной макромолекулы, их подверженность химической атаке, а также исследовать влияние концентрации полимера А—А—А—А в системе мономер — полимер на молекулярный вес образующегося гомополимера В—В—В—В.

По мере развития химии блок- и привитых сополимеров предлагались новые методы их синтеза. В ряде случаев было замечено, что при обработке полимеров на валках (пластикации) при комнатной температуре происходит уменьшение их молекулярных весов. Впоследствии обнаружилось, что под влиянием механических напряжений, возникающих в макромолекулах, их химические связи рвутся, и образующиеся свободные радикалы могут принимать участие в привитой и блок-сополимеризации. В настоящее время метод холодной пластикации лежит в основе механо-химического синтеза ряда привитых и блок-сополимеров.

Переработка смеси полимеров при повышенных температурах также приводит к образованию блок- и привитых сополимеров. При этом имеет место структурно-химическая модификация, которая позволяет сохранить полезные свойства полимеров в процессе эксплуатации в течение длительного времени. Привитый сополимер выполняет при этом роль «брони», защищающей основной полимер от быстрого разрушения. Например, переработка смеси полиэтилена и небольших добавок бутадиенстирольного карбоксилатного каучука на экструзионной перерабатывающей машине позволяет получить материал с лучшей структурой<sup>1</sup> (рис. 2) и более высокими эксплуатационными характеристиками.

Активные центры в макромолекулах полимеров могут быть получены также действием ультразвука (рис. 3) или искрового разряда на их растворы, при замораживании и последующем размораживании полимеров в водной среде. Последний метод разработан советскими учеными А. А. Берлиным и Е. А. Пенской. В основе метода лежит разрушение полимерных цепей с образованием свободных радикалов под воздействием механических напряжений, возникающих в макромолекулах при замерзании воды. Подобным же образом разрушается сосуд, в котором замерзает вода. Переход воды в лед сопровождается увеличением удельного объема и механических напряжений, которые могут превысить силу химических связей и разорвать их.

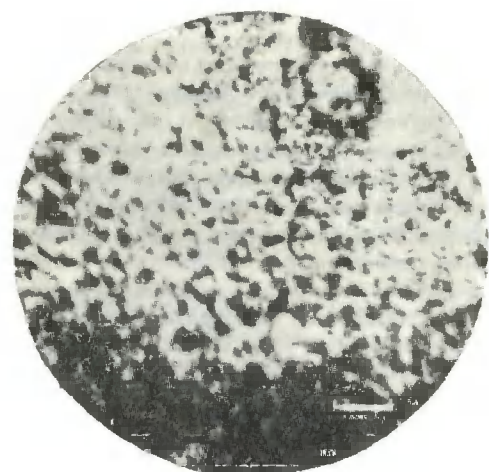
<sup>1</sup> «Высокомолекулярные соединения», 1968, № 3, стр. 561.



а

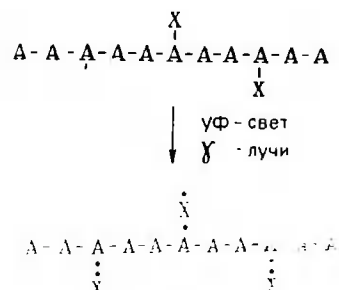


б

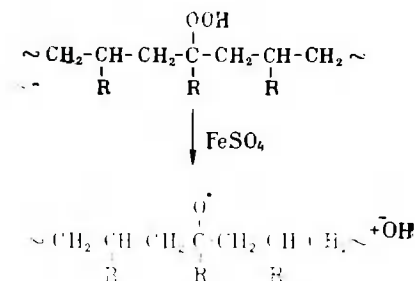


в

Если в макромолекулу ввести атомы или группы атомов  $X$ , имеющие слабые химические связи, способные разрушаться с образованием свободных радикалов под воздействием ультрафиолетового света, рентгеновского излучения или тепла, то при добавлении мономера такие активированные макромолекулы будут инициировать реакцию привитой сополимеризации. Этот метод, в отличие от перечисленных выше, позволяет регулировать число и расположение прививаемых ветвей. В предлагаемой схеме атаке будет подвергаться преимущественно слабая связь  $A-X$ :



При этом, очевидно, так же как и при реакции передачи цепи, в присутствии мономера будет образовываться привитый сополимер (полимеризация инициируется активными центрами макромолекулы) и гомополимер (полимеризацию инициируют радикалы  $X$ ). В 1953 г. американские химики Р. Б. Месробян и Г. Марк предложили использовать окислительно-восстановительную систему полимерная гидроперекись — сульфат железа, чтобы предотвратить образование гомополимера.



←

Рис. 2.  
Микрофотографии образцов: а — исходного полиэтилена; б — механической смеси полиэтилена и каучука; в — привитого сополимера полиэтилена и каучука, полученного в результате переработки механической смеси на экструзионной машине. Образец б обладает значительно меньшей степенью упорядоченности по сравнению с образцом в



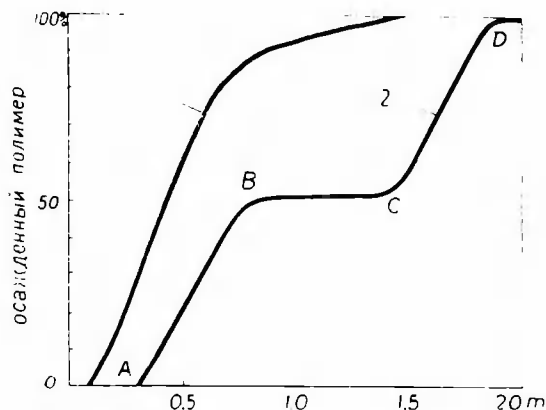
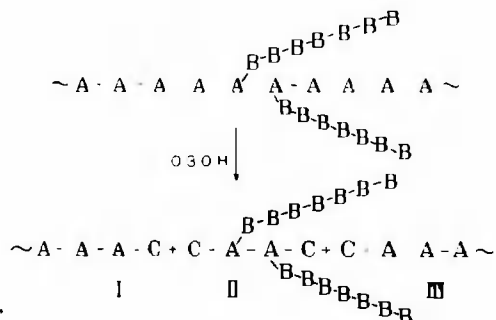


Рис. 4.

Дробное осаждение гомополимера (1), а также смеси привитого сополимера и гомополимера (2). При добавлении осадителя к раствору смеси сначала осаждается один из компонентов (участок АВ), затем второй (участок CD). Если добавить осадитель в количестве, соответствующем одному из значений участка ВС, первый компонент выпадает в осадок и его можно отделить, например, фильтрованием. Прибавляя к отделенному от осадка раствору новые порции осадителя, можно выделить второй компонент ( $m$  — отношение объема осадителя к объему раствора)

ки в измерения, поскольку его размеры очень малы по сравнению с цепью В—В—В—В. Разделив экспериментально измеренную длину полимерной цепи II пополам, мы получим значение средней длины привитых полиметилметакрилатных ветвей (В—В—В—В).



Подход к решению задачи по существу такой же, как если бы необходимо было измерить длины стальных стержней, глубоко забитых в дерево. Самый простой путь — сжечь дерево и измерить длины освобожденных стержней. «Сжигая» цепь натурального каучука, мы не затрагиваем привитых полиметилметакрилатных ветвей. Решение правомерно. Ведь условие задачи не требует сохранности всех частей композиции, точно так же, как в условии знаменитой колумбовой задачи ничего не говорилось о сохранности яичной скорлупы.

## Полиамфолиты как биологические модели

Трудности, связанные с синтезом и выяснением строения сополимеров, вполне компенсируются теми удивительными результатами, которые подчас удается получать химикам, работающим в этой области.

Сообщалось, например, что коллекционерам-кактусоводам удалось вырастить удивительный гибрид Гимнокалициума — кактуса, по форме своей и цвету похожего на экзотический ярко-красный цветок. Стебель этого кактуса совершенно лишен хлорофилла и, чтобы он мог расти в комнатных условиях, его привили на другой вид кактуса — с зеленым стеблем и сильной корневой системой. На зеленом стебле подвоя Гимнокалициум выглядит ярким цветком.

Не менее дикие гибриды посчастливилось получить и химикам, работающим в области «скрещивания» или «прививки» полимеров.

Химик не удивится, если путем «скрещивания» двух растворимых полимеров получит нерастворимый сополимер, так же как биолог, знакомый с законами наследственности, не удивится, обнаружив белого ягненка у овцы с черной шерстью.

Форма и строение макромолекул, наряду с их элементарным составом, оказывает большое влияние на свойства сополимеров.

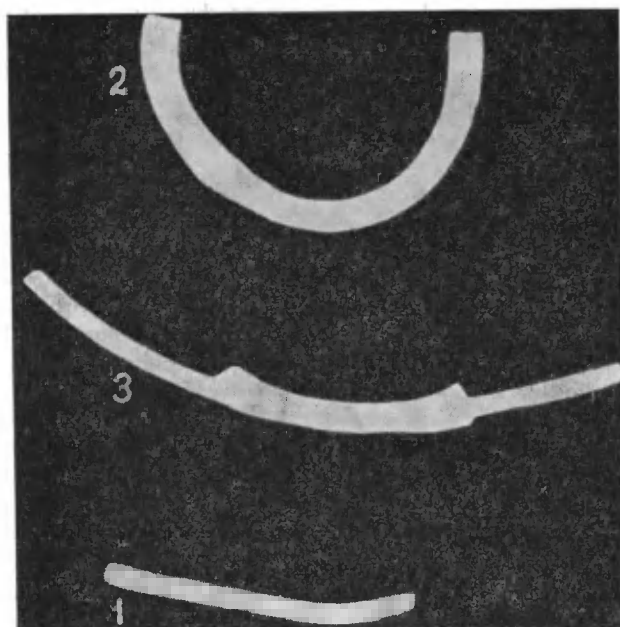


Рис. 5.

Моноволокно с привитым полистирольным слоем: 1 — после сополимеризации со стиролом; 2 — привитый слой, выделенный обработкой кислотой; 3 — тот же привитый слой с продетым сквозь него новым образцом моноволокон



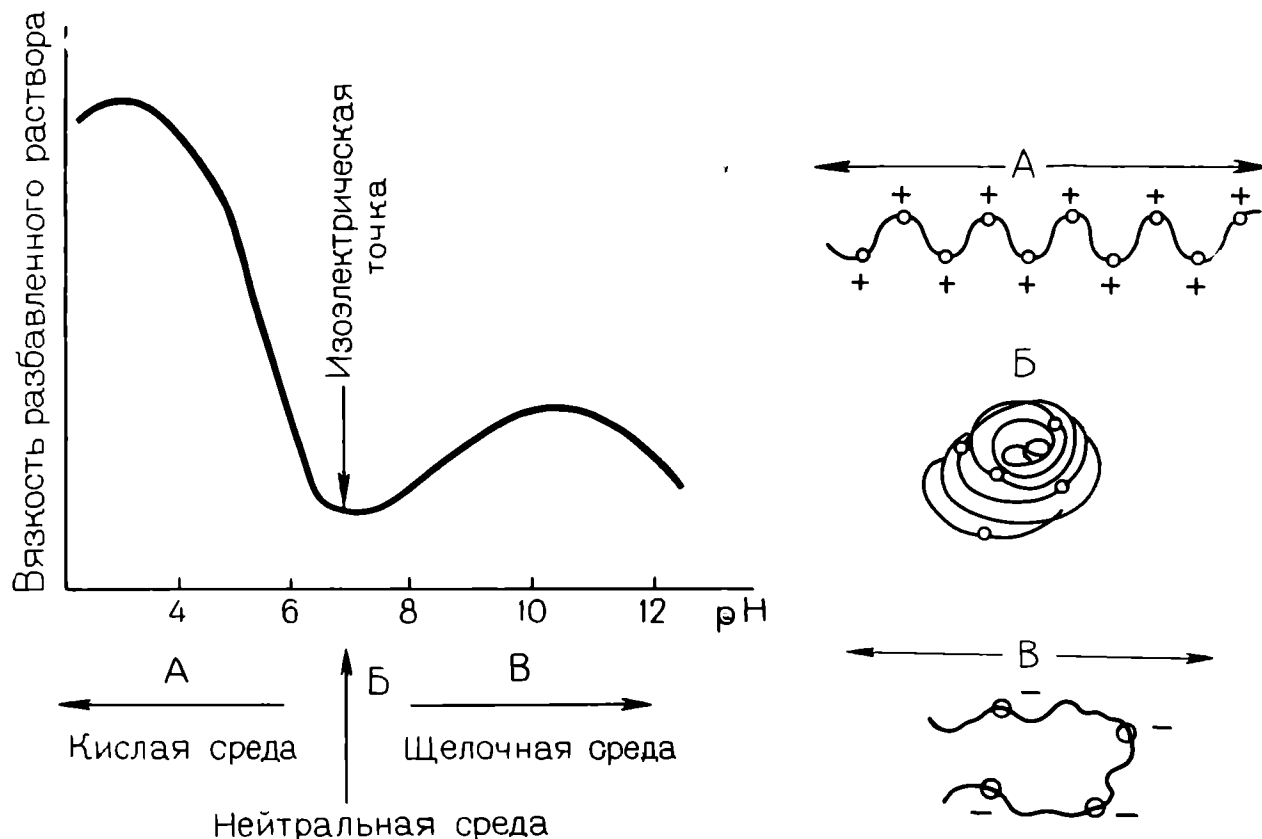
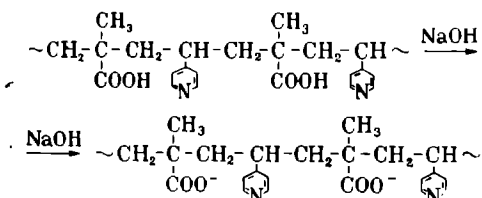


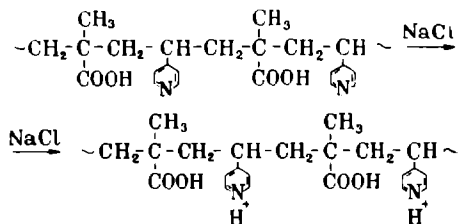
Рис. 6. Влияние кислотности среды на свойства сополимера — полиамфолита. При низких значениях pH (в кислой среде) основные группы макромолекул заряжены положительно: отталкивание этих групп друг от друга заставляет цепи принять относительно вытянутую форму (А), что обуславливает сравнительно высокую вязкость раствора. Подобное растяжение цепи происходит и вследствие отталкивания отрицательно заряженных кис-

лотных групп (В). Минимальная вязкость наблюдается в изоэлектрической точке, когда происходит притяжение между положительными и отрицательными зарядами цепи и в результате этого довольно плотное свертывание макромолекул в спирали (Б). Различная степень распрямляемости макромолекул зависит от соотношения основных и кислотных звеньев в макромолекуле

Специфическая структура линейных и привитых сополимеров проявляется в свойствах так называемых полиамфолитов (полиамфотерных электролитов), которые получают сополимеризацией мономеров двух видов: содержащих кислотные и основные группы. Было найдено, что сополимер метакриловой кислоты (кислого характера) и винилпиридина (основного характера) растворим в разбавленной щелочи, так как он образует отрицательно заряженный полимерный ион:



Сополимер этот растворим также и в разбавленной кислоте, так как образует положительно заряженный ион:



Однако этот полимер нерастворим в дистиллированной воде, ибо ни кислотные, ни основные группы не несут каких-нибудь зарядов при этом промежуточном значении pH<sup>1</sup>, и нейтральные органические молекулы этого сополимера не остаются в водном растворе.

<sup>1</sup> Величина, характеризующая кислотность среды. При pH меньше 7 — среда кислая, при pH больше 7 — щелочная. Нейтральная среда характеризуется pH равным 7.

Макромолекулы полиамфолита существуют в виде относительно растянутых полианионов в щелочном растворе, равномерно растянутых поликатионов в кислом растворе и в виде более или менее сжатых или свернутых спиралью макромолекул в нейтральном растворе (рис. 6).

Полиамфолиты этого типа служат аналогом таких веществ как белки (протеины) и могут найти практическое применение в биохимии, являясь в некотором роде моделями мышц, изменяющих свою форму и объем при изменении кислотности среды. Не исключена возможность, что полиамфолиты, как весьма чувствительные к изменению кислотности среды вещества, смогут сыграть определенную роль в изучении процессов, происходящих в умирающем организме, поскольку сейчас достаточно хорошо известно, что изменение pH в живом организме служит признаком различных расстройств. Необратимые изменения в мозгу при клинической смерти связаны с изменением значения pH в мозговых тканях от 7,35 у живого, нормального функционирующего организма до 6,70 у умирающего организма.

Изменение молекулярной структуры сополимера даже без нарушения его элементарного состава приводит к резкому изменению свойств. Арифметическое правило о неизменности суммы при перемене мест слагаемых здесь совершенно неприемлемо, так как форма молекулы определяет ее свойства. Если амфолитный сополимер, о котором мы говорили, растворяется в щелочах и кислотах за счет вытягивания макромолекул, то полиамфолиты аналогичного состава, но полученные в результате привитой сополимеризации (т. е. полиамфолиты, у которых, скажем, основная цепь состоит из звеньев кислого характера, а привитые ветви — из звеньев основного характера) изменяют форму скрученных макромолекул при изменении pH среды лишь в незначительной степени. Это происходит потому, что влияние сил отталкивания между ионами основной цепи ослабляется влиянием боковых ветвей. Такой привитый сополимер не будет растворяться ни в кислом, ни в щелочном растворах.

Интересные в биологическом отношении привитые сополимеры получены из аминокислот полимеризацией ангидридов N-карбокси- $\alpha$ -аминокислот в присутствии полилизина или полиарнитина<sup>1</sup>. Из трипсина и ангидрида N-карбокситирозина получен привитый сополимер, растворимый в воде. Модифицированные этим способом ферменты, к которым прививается от 5 до 10% тирозина, полностью сохраняют свою активность.

Полагают, что при прививке боковых линейных ветвей к тем функциональным группам, от которых в наименьшей степени зависит биологическая активность ферментов, антител и антигенов, возможно получение модифицированных биологически активных протеинов.

Селекционерам с давних времен удавалось путем скрещивания продвигать разные виды растений и животных в новые для них природные условия. Теперь методами сополимеризации химии смогли придать каучуку, разрушающемуся под действием бензина и масел, бензостойкость и маслостойкость, продлить жизнь полимерам, которые без этого разрушились бы в жестких условиях их эксплуатации. Сополимеры сегодня имеют весьма широкий диапазон применения — от ракетной техники до биологических моделей, включая текстильную, электротехническую, пищевую и фармацевтическую промышленность.

Стойкие к механическим воздействиям, повышенным температурам и химическим реагентам пластики и эластомеры для специальных целей, диэлектрики, поверхностьоактивные и биологически-активные вещества, ионообменные, волокнообразующие, пленкообразующие, паронепроницаемые и клеящие материалы — таковы в общих чертах далеко не полный «послужной» список полимеров-гибридов, уже «выращенных» химиками за последние два-три десятилетия на благодатной почве познания тайн живой и неживой материи.

<sup>1</sup> «Успехи химии», т. 31, 1962, № 9, стр. 1025.

# Новое об аминокислотном коде

М. М. Гараев, К. Л. Гладилин  
Институт биохимии им. А. Н. Баха  
АН СССР (Москва)

## Научные сообщения

За последние два года удалось выявить новые особенности организации аминокислотного кода<sup>1</sup>. Во-первых, установлено, что из 64 возможных кодонов 61 является смысловым, т. е. кодирует какую-либо из аминокислот (см. табл. 1). Во-вторых, два кодона УАА<sup>2</sup> — «охрана» и УАГ — «янтарт», обозначаемые так по названию соответствующих мутантов, благодаря которым они были обнаружены, оказались терминирующими. Это означает, что их положение в молекуле информационной РНК (иРНК) соответствует окончанию синтеза белковой цепи. Известно, что цепь иРНК протягивается через рибосому и, в соответствии с последовательностью кодонов, аминокислоты одна за другой присоединяются к растущей на рибосоме цепи белковой молекулы. Так как каждая аминокислота соединена своей карбоксильной группой с соответствующей тРНК, а к растущей цепи она (аминокислота) присоединяется аминной группой, то белковая цепь всегда связана с тРНК последней присоединившейся аминокислоты. Очевидно, появление терминирующего кодона — УАА или УАГ — служит для рибосомы сигналом, в результате которого от

карбоксильного конца белковой молекулы отщепляется связанная с ним тРНК, и готовая белковая молекула покидает рибосому. Тонкий механизм этого процесса остается пока не ясным.

Третий из несмысловых кодонов — УГА. Его функции также не выяснены. Возможно, этот кодон действительно является бессмысленным, или, быть может, соответствует цистеину.

И, наконец, установлено, что кодоны АУГ, ГУГ и УУГ — иницирующие. С них и начинается синтез белковой цепи на рибосомах кишечной палочки, причем первые два более активны, чем третий. Каждый из этих кодонов соответствует своей аминокислоте (АУГ — метионину, ГУГ — валину и УУГ — лейцину) и обуславливает включение в белок «своей» аминокислоты. Но это только в том случае, если они стоят на обычных местах. Если же они находятся на особом месте — в начале цепи иРНК или после терминирующего кодона, то с ними уже не может соединиться соответствующая им в обычных случаях тРНК. К ним присоединяется особая, формилметиониновая тРНК. Она «несет» аминокислоту метионин, к аминогруппе которой особый фермент присоединяет остаток муравьиной кислоты — формил (НСО—). И действительно, в бесклеточной системе кишечной палочки синтезируемый белок на аминном конце содержит аминокислоту формилметионин. Белки, выделенные из той же кишечной палочки, на своих аминных концах имеют аминокислоты — метионин, аланин и серин. Это означает, что, возможно, во всех клетках содержатся ферменты, один из которых отщепляет формилметионин, а другой — формильную группу от метионина.

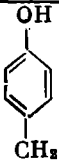
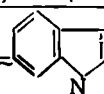
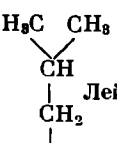
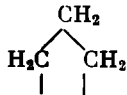
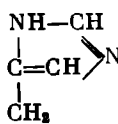
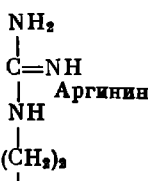
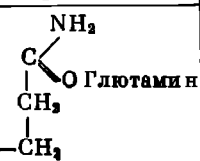
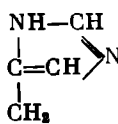
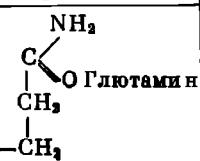
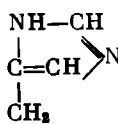
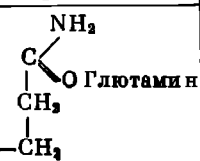
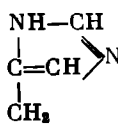
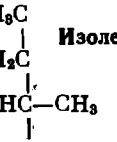
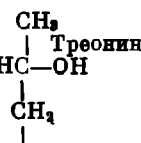
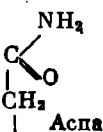
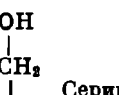
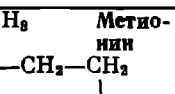
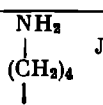
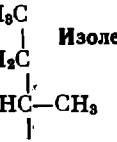
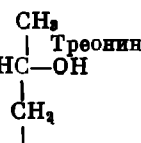
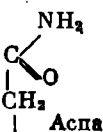
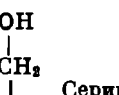
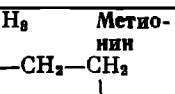
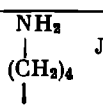
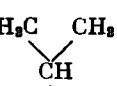
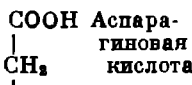
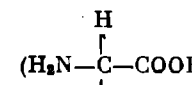
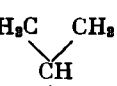
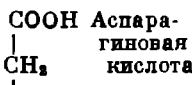
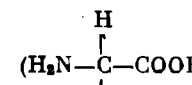
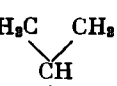
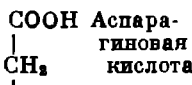
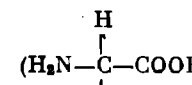
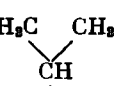
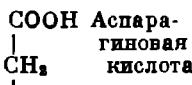
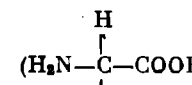
На таблице РНК-аминокислотного кода часть кодонов заключена в скобки. Это те кодоны, которые лишь в незначительной степени стимулируют присоединение к ним соответствующих тРНК<sup>1</sup>. Возможно,

<sup>1</sup> «Proceedings of the Royal society. Ser. B», т. 167, 1967, № 109, стр. 331—347; «Вестник АН СССР», 1967, № 5, стр. 84—87.

<sup>2</sup> А — аденин; Г — гуанин; У — урацил; Ц — цитозин.

<sup>1</sup> «Природа», 1965, № 9, стр. 67—69.

## Структура РНК-аминокислотного кода

| Первая буква                                                                                                    | Вторая буква триплета (второй нуклеотид кодона)                                                                                               |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                             |                                                                                                                                               |                                                                                                                               |                                                                                                               |                                                                                                                                               |                                                                                                                                               | Третья буква     |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|
|                                                                                                                 | урацил                                                                                                                                        |                                                                                                                                                 | цитозин                                                                                                                                     |                                                                                                                                               | аденин                                                                                                                        |                                                                                                               | гуанин                                                                                                                                        |                                                                                                                                               |                  |                  |
|                                                                                                                 | кодон                                                                                                                                         | радикал аминокислоты                                                                                                                            | кодон                                                                                                                                       | радикал аминокислоты                                                                                                                          | кодон                                                                                                                         | радикал аминокислоты                                                                                          | кодон                                                                                                                                         | радикал аминокислоты                                                                                                                          |                  |                  |
| У                                                                                                               | <u>УУУ</u><br><u>УУЦ</u><br>                                 | Фенилаланин                                                                                                                                     | <u>УЦУ</u><br><u>УЦЦ</u><br><u>УЦА</u><br><u>УЦГ</u>                                                                                        |  Серин                                                       | <u>УАУ</u><br><u>УАЦ</u><br>                 | Тирозин                                                                                                       | <u>УГУ</u><br><u>УГЦ</u>                                                                                                                      |  Цистеин                                                   | У<br>Ц           |                  |
|                                                                                                                 | <u>(УУА)</u><br><u>(УУГ)</u>                                                                                                                  | Лейцин                                                                                                                                          |                                                                                                                                             |                                                                                                                                               | <u>УАА</u> «Охра»<br><u>УАГ</u> «Янтарь»                                                                                      |                                                                                                               | <u>(УГА)</u> ? Цистеин<br><u>УГГ</u>                       | Триптофан                                                                                                                                     | А<br>Г           |                  |
|                                                                                                                 | Ц                                                                                                                                             | <u>(ЦУЦ)</u><br><u>(ЦУЦ)</u><br><u>(ЦУА)</u><br><u>ЦУГ</u><br> | Лейцин                                                                                                                                      | <u>(ЦЦУ)</u><br><u>(ЦЦЦ)</u><br><u>ЦЦА</u><br><u>ЦЦГ</u><br> | Пролин                                                                                                                        | <u>ЦАУ</u><br><u>ЦАЦ</u><br> | Гистидин                                                                                                                                      | <u>ЦГУ</u><br><u>ЦГЦ</u><br><u>ЦГА</u><br><u>(ЦГГ)</u><br> | Аргинин          | У<br>Ц<br>А<br>Г |
|                                                                                                                 |                                                                                                                                               | <u>ЦАА</u><br><u>(ЦАГ)</u><br>                                 | Глутамин                                                                                                                                    |                                                                                                                                               |                                                                                                                               | <u>ЦАУ</u><br><u>ЦАЦ</u><br> | Гистидин                                                                                                                                      |                                                                                                                                               |                  |                  |
| <u>ЦАА</u><br><u>(ЦАГ)</u><br> |                                                                                                                                               | Глутамин                                                                                                                                        |                                                                                                                                             |                                                                                                                                               | <u>ЦАУ</u><br><u>ЦАЦ</u><br>                 | Гистидин                                                                                                      |                                                                                                                                               |                                                                                                                                               |                  |                  |
| <u>ЦАА</u><br><u>(ЦАГ)</u><br> |                                                                                                                                               | Глутамин                                                                                                                                        |                                                                                                                                             |                                                                                                                                               | <u>ЦАУ</u><br><u>ЦАЦ</u><br>                 | Гистидин                                                                                                      |                                                                                                                                               |                                                                                                                                               |                  |                  |
| А                                                                                                               | <u>АУУ</u><br><u>АУЦ</u><br><u>(АУА)</u><br>                | Изолейцин                                                                                                                                       | <u>АЦУ</u><br><u>АЦЦ</u><br><u>АЦА</u><br><u>АЦГ</u><br>  | Треонин                                                                                                                                       | <u>ААУ</u><br><u>ААЦ</u><br>                | Аспарагин                                                                                                     | <u>АГУ</u><br><u>АГЦ</u>                                                                                                                      |  Серин                                                    | У<br>Ц           |                  |
|                                                                                                                 | <u>АУГ</u><br>                                             | Метионин                                                                                                                                        |                                                                                                                                             |                                                                                                                                               | <u>ААА</u><br><u>(ААГ)</u><br>             | Лизин                                                                                                         | <u>(АГА)</u><br><u>(АГГ)</u>                                                                                                                  | Аргинин                                                                                                                                       | А<br>Г           |                  |
|                                                                                                                 | <u>АУУ</u><br><u>АУЦ</u><br><u>(АУА)</u><br>                | Изолейцин                                                                                                                                       | <u>АЦУ</u><br><u>АЦЦ</u><br><u>АЦА</u><br><u>АЦГ</u><br>  | Треонин                                                                                                                                       | <u>ААУ</u><br><u>ААЦ</u><br>                | Аспарагин                                                                                                     | <u>АГУ</u><br><u>АГЦ</u>                                                                                                                      |  Серин                                                    | У<br>Ц           |                  |
|                                                                                                                 | <u>АУГ</u><br>                                             | Метионин                                                                                                                                        |                                                                                                                                             |                                                                                                                                               | <u>ААА</u><br><u>(ААГ)</u><br>             | Лизин                                                                                                         | <u>(АГА)</u><br><u>(АГГ)</u>                                                                                                                  | Аргинин                                                                                                                                       | А<br>Г           |                  |
| Г                                                                                                               | <u>ГУУ</u><br><u>ГУЦ</u><br><u>(ГУА)</u><br><u>ГУГ</u><br> | Валин                                                                                                                                           | <u>ГЦУ</u><br><u>ГЦЦ</u><br><u>ГЦА</u><br><u>ГЦГ</u><br> | Аланин                                                                                                                                        | <u>ГАУ</u><br><u>ГАЦ</u><br><u>ГАА</u><br> | Аспарагиновая кислота                                                                                         | <u>ГГУ</u><br><u>ГГЦ</u><br><u>ГГА</u><br><u>ГГГ</u><br> | Глицин                                                                                                                                        | У<br>Ц<br>А<br>Г |                  |
|                                                                                                                 | <u>ГУУ</u><br><u>ГУЦ</u><br><u>(ГУА)</u><br><u>ГУГ</u><br> | Валин                                                                                                                                           | <u>ГЦУ</u><br><u>ГЦЦ</u><br><u>ГЦА</u><br><u>ГЦГ</u><br> | Аланин                                                                                                                                        | <u>ГАУ</u><br><u>ГАЦ</u><br><u>ГАА</u><br> | Аспарагиновая кислота                                                                                         | <u>ГГУ</u><br><u>ГГЦ</u><br><u>ГГА</u><br><u>ГГГ</u><br> | Глицин                                                                                                                                        | У<br>Ц<br>А<br>Г |                  |
|                                                                                                                 | <u>ГУУ</u><br><u>ГУЦ</u><br><u>(ГУА)</u><br><u>ГУГ</u><br> | Валин                                                                                                                                           | <u>ГЦУ</u><br><u>ГЦЦ</u><br><u>ГЦА</u><br><u>ГЦГ</u><br> | Аланин                                                                                                                                        | <u>ГАУ</u><br><u>ГАЦ</u><br><u>ГАА</u><br> | Аспарагиновая кислота                                                                                         | <u>ГГУ</u><br><u>ГГЦ</u><br><u>ГГА</u><br><u>ГГГ</u><br> | Глицин                                                                                                                                        | У<br>Ц<br>А<br>Г |                  |
|                                                                                                                 | <u>ГУУ</u><br><u>ГУЦ</u><br><u>(ГУА)</u><br><u>ГУГ</u><br> | Валин                                                                                                                                           | <u>ГЦУ</u><br><u>ГЦЦ</u><br><u>ГЦА</u><br><u>ГЦГ</u><br> | Аланин                                                                                                                                        | <u>ГАУ</u><br><u>ГАЦ</u><br><u>ГАА</u><br> | Аспарагиновая кислота                                                                                         | <u>ГГУ</u><br><u>ГГЦ</u><br><u>ГГА</u><br><u>ГГГ</u><br> | Глицин                                                                                                                                        | У<br>Ц<br>А<br>Г |                  |

Примечания: Молекула аминокислоты глицина дана в таблице полностью; если в ней водород, заключенный в квадрат, заменить на радикал аминокислоты, то получим формулу соответствующей аминокислоты. У пролина один конец радикала, как и у всех остальных аминокислот, присоединяется к углероду глицина вместо водорода, а другой замещает водород у  $\text{NH}_2$ -группы глицина. В скобках поставлены кодоны, слабо стимулирующие присоединение к рибосоме кишечной палочки комплекса аминокислота — тРНК кишечной палочки; пунктиром подчеркнуты кодоны, проверенные на дрожжах; сплошной линией подчеркнуты кодоны, определенные по лизоциму мутантных фазов и гидрофобные аминокислоты. Кодоны, подчеркнутые волнистой линией, предсказаны предварительно по синтезу белка на рибосомах при добавлении вместо иРНК искусственно синтезированной полирибонуклеиновой кислоты (см. «Природа», 1962, № 7, стр. 31—36 и 1964, № 2, стр. 43—52).

<sup>1</sup> «Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology», т. 28, 1963, стр. 549—557; «Proc. Natl. Acad. Sci. USA», т. 53, 1965, стр. 1161—1168 и т. 54, стр. 954—960.

Таблица 2

## Различия в кодировании аминокислот у разных организмов

| Аминокислота | Кодов | тРНК     |                |                |
|--------------|-------|----------|----------------|----------------|
|              |       | бактерии | земноводного   | млекопитающего |
| Аргинин      | АГГ   | +/-      | ++++           | ++++           |
|              | ЦГГ   | +/-      | ++++           | ++++           |
| Метионин     | АУГ   | ++       | +/-            | +/-            |
| Аланин       | ГЦГ   | ++++     | +/-            | ++             |
| Изолейцин    | АУА   | +/-      | ++             | ++             |
| Лизин        | ААУ   | +/-      | ++++           | ++++           |
| Серин        | УЦГ   | ++++     | +/-            | ++             |
|              | АГУ   | +/-      | ++++           | ++++           |
|              | АГЦ   | +/-      | ++++           | ++++           |
| Цистеин      | УГА   | +/-      | не проверялось | ++++           |

Примечания: Возможны различия в АЦГ — треонин; АУЦ — изолейцин; ЦАЦ — гистидин; ГУЦ — валин; ГЦЦ — аланин. Нет различий для аминокислот — аспарагиновой, глутаминовой, глицина, фенилаланина, пролина и тирозина. ++++ — 70—100% активности; +++ — 50—70%; ++ — 20—50% и +/- — 0—20%.

что часть из них определена неверно, как это произошло с кодоном АУА, который ранее приписывали метионину. То, что подобным аминокислотам соответствуют и подобные кодоны, навело Ф. Крика — автора теории строения ДНК — на мысль, что код, который мы знаем в настоящее время, — результат длительной постепенной эволюции простейших организмов. Ф. Крик предполагает, что в начале эволюции белки простейших организмов содержали не все аминокислоты, а только их часть, и код был тогда более вырожденным, т. е. одной и той же аминокислоте соответствовало большее число кодонов.

В процессе эволюции появлялись новые аминокислоты, производные уже имевшихся. Если они были по своим химическим свойствам похожи на предыдущие, то занимали часть кодонов, соответствующих родственной аминокислоте. Это хорошо видно на примере таких аминокислот, как фенилаланин и тирозин.

С процессом эволюции организмов связан и тот факт, что гидрофобные, т. е. «боящиеся» воды, аминокислоты группируются в определенных частях таблицы, кодируются похожими кодами. А ведь именно соотношение гидрофобных и гидрофильных аминокислот определяет пространственную структуру белка. Как уже показано при исследовании лизоцима и рибонуклеазы<sup>1</sup>, гидрофобные аминокислоты повернуты внутрь белковой глобулы, а гидрофильные — наружу, к водной среде. Если при мутации происходит замена гидрофильной аминокислоты на гидрофобную, то белок теряет растворимость, выпадает в осадок и уже не способен выполнять своей функции.

Характерный пример такой мутации наблюдается у людей, больных наследственной болезнью — серповидной анемией. У них вместо гемоглобина А синтезируется гемоглобин S. Эти два гемоглобина отличаются только одной аминокислотой. Вместо гидрофильной глутаминовой кислоты

гемоглобина А в гемоглобине S на том же месте стоит гидрофобная аминокислота валин. В результате этого в красных кровяных шариках людей, больных серповидной анемией, гемоглобин образует кристаллы, скопления которых напоминают полумесяц, серп. Из 576 возможных мутаций (64 кодона × 3 нуклеотида × 3 возможных замены каждого из них) только 192, т. е. около 33% всех мутаций, приводят к замене гидрофильной аминокислоты на гидрофобную, и наоборот. Таким образом, в результате отбора выгодных мутаций в процессе эволюции живых организмов надежность кода значительно повысилась.

И еще один очень важный вопрос: универсален ли код? Под словом «универсален» мы понимаем, что у всех организмов одно и то же соответствие кодонов аминокислотам. Но этот вопрос еще очень далек от окончательного решения. С одной стороны, большая часть экспериментов говорит в пользу универсальности кода. Логически тоже трудно представить, чтобы в процессе эволюции кодоны могли «первосмысливаться», — это оказалось бы губительным для организмов, так как изменения смысла даже одного кодона привело бы к замене аминокислот во всех или почти во всех белках данного организма и многие из белков оказались бы неактивными.

С другой стороны, получены данные, указывающие на отсутствие абсолют-

ной универсальности. Так, М. Ниренберг с сотрудниками<sup>1</sup> (США) тем же методом, каким он ранее определил последовательность нуклеотидов в кодонах РНК, попытался подойти к решению вопроса об универсальности кода. В качестве объектов исследования М. Ниренберг выбрал бактерию (кишечную палочку), земноводное (*Xenopus laevis*) и млекопитающее (морскую свинку). Результаты опытов представлены в табл. 2.

Кроме того, Д. Соел с сотрудниками<sup>2</sup> (США) показали, что в то время как в дрожжах кодоны АГА и АГГ соответствуют аминокислоте аргинину, в клетках кишечной палочки организма земноводного и млекопитающего АГА не кодирует аргинин. По сути дела эти данные указывают на то, что в пределах единого для всех живых организмов универсального РНК-аминокислотного «языка» существуют как бы отдельные «диалекты», связанные, быть может, с различиями в путях эволюции этих организмов.

<sup>1</sup> «Cold. Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology», т. 31, 1966, стр. 11—24.

<sup>2</sup> «Proc. Nat. Acad. Sci. USA», т. 54, 1965, стр. 1173—1185.

# Лавовый поток перекрыл русло Тигра

А. Б. Галактионов  
Москва

Известно, что в недрах Земли постоянно происходят геологические процессы, вызывающие образование на ее поверхности гор и впадин. Эти процессы находят свое отражение и в виде молодых или неотектонических движений, фиксирующихся в различных участках нашей планеты.

Изучая геологию правобережья р. Тигра в ее верхнем течении, можно проследить и даже определить амплитуду новейших тектонических движений, имевших место здесь в четвертичное время, т. е. в период появления человека на Земле. В этом районе располагается широкое плато, бронированное базальтами, образовавшимися в результате извержения вулкана Батерзан.

Даже при беглом взгляде на топографическую и геологическую карты этого района перед исследователем встает много различных вопросов. Почему, например, правый берег р. Тигр (абс. высота 550—600 м) бронируется базальтами, а на левом низком берегу (абс. отметка менее 500 м) базальтов нет? Ведь казалось бы, что при извержении вулканов поток лавы, двигаясь с запада на восток, должен был перекрыть русло реки и распространиться на ее левый берег. А как можно объяснить, что базальтовое плато на периферии (Карачок-Даг) имеет отметки 762,

769 м, а в центральной части на вершине вулкана Батерзан, дававшего эффузивный материал, — 693 м. Ведь нельзя же предположить, что лава могла течь вверх по склону!

Во время полевых работ мы проанализировали высоты, на которых залегает в настоящее время застывшая лава, и пришли к интересному выводу.

Прежде всего, оказалось, что весь район верховья Тигра в четвертичное время подвергся новейшим тектоническим движениям: в одних местах — поднятию, в других — опусканию. Эти подвижки имели место и после застывания лавы и образования эффузивного покрова. Поэтому базальтовое плато и имеет такие странные на первый взгляд изменения высот. Осадочные породы (пески, глины, песчаники и др.), слагавшие наиболее вы-

Что касается вопроса о современном положении Тигра и развитии базальтов только по его правому берегу, то это объясняется перекрытием русла реки лавовым потоком, распространившимся с запада. В результате русло Тигра переместилось на восток, к подножию Таврских гор. Определенную роль в этом сыграли неотектонические движения в районе Тавра. Здесь долина реки зажата между базальтовым плато и горами. Ширина ее не превышает 500 м, а в нескольких километрах ниже по течению она увеличивается до нескольких десятков километров; по обоим берегам хорошо развиты террасы.

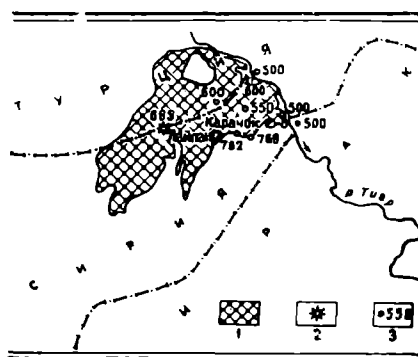


Схема распространения эффузивной толщи в верховьях реки Тигр. Новейшие тектонические движения настолько деформировали базальтовое плато, что в настоящее время в периферических частях базальты лежат выше, чем на вулкане — источнике излияния лавы. 1 — эффузивные породы — базальты; 2 — вулкан Батерзан; 3 — отметки поверхности базальтов и террас

сокие части складок, не покрытые базальтами, как менее устойчивые к процессам денудации (разрушения), затем были размыты. В результате в настоящее время в рельефе возвышаются только те участки структур, которые в свое время были перекрыты базальтами.

# Нефть страны кенгуру

З. Я. Кравчинский  
Кандидат  
геолого-минералогических наук

Институт геологии  
им. акад. И. М. Губкина  
АН АзССР Баку

Огромная, красная, бесплодная пустыня, местами беспокойная от переваемых ветром песков, местами неподвижная и блестящая от обширных покровов солончаков... То тут, то там — редкие кустарники, чуть прикрывающие сухую потрескавшуюся землю. Такова одна из крупнейших в мире австралийская пустыня — сердце пятого континента. Почти повсеместно совершенно безлюдная, если не считать немногочисленные резервации аборигенов, пустыня ныне стала ареной страстей многих нефтяных компаний мира.

Для экономики Австралии открытие нефти и газа явилось исключительно важным событием. До последнего времени более 50% энергетических потребностей страны покрывались углем. Нефть в сыром виде доставлялась на танкерах со Среднего Востока на нефтеперерабатывающие заводы ряда прибрежных городов страны. Из-за отсутствия собственной нефти бензин преимущественно ввозился из США, и это сказывалось на его стоимости. С обнаружением нефти и газа Австралия не только полностью освободится от импорта нефти и нефтепродуктов, но с течением времени станет важной экспортирующей страной среди стран Юго-Восточной Азии и Океании.

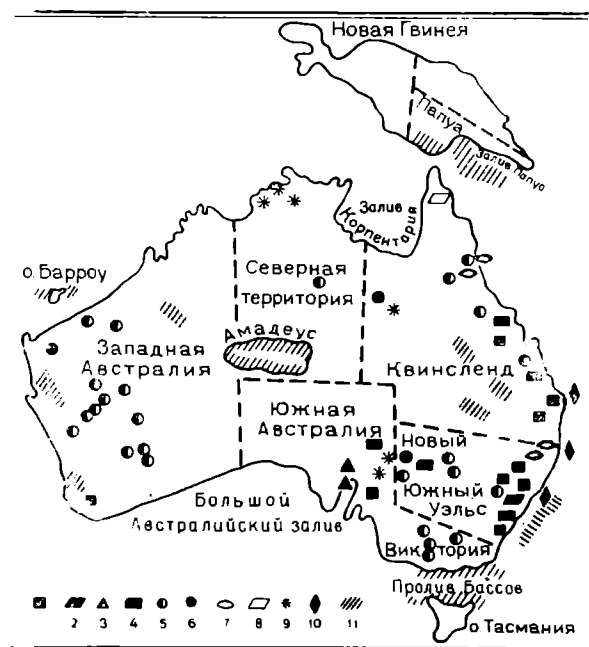
Австралийский континент — страна

удивительных контрастов, где бок о бок уживается каменный и атомный век — исключительно богат полезными ископаемыми. Чего только нет в недрах Австралии! Уголь и золото, олово и медь, свинец и цинк, железо и марганец, бокситы и уран — все это и многое другое составляет богатство страны. Сенсационные находки богатейших запасов полезных ископаемых не случайно являлись причиной бурных лихорадок, которые время от времени трясали этот континент. Только за последние 60 лет Австралия дважды пережила золотую, затем урановую лихорадки. А теперь ее трясет нефтяная.

История открытия нефти и газа в Австралии — наглядное свидетельство того, к чему могут привести поспешные выводы специалистов, если они не подкреплены достаточными фак-

как следствие этого, вызвали затяжку с открытием новых месторождений. До последнего времени считалось, что, несмотря на известные поверхностные нефтегазопоявления, на австралийском континенте не может быть промышленных скоплений нефти и газа.

На первый взгляд для такого утверждения у специалистов имелись известные основания. Немногим более половины площади Австралии занимает древний докембрийский кристаллический щит, сложенный архейскими и протерозойскими породами, которые обнажаются на поверхности в западной и центральной частях континента и местами перекрыты осадочным чехлом. Породы щита, состоящие из кристаллических сланцев, прорванных гранитами, по установившимся воззрениям геологов, не могли содержать в себе скоплений нефти и газа.



Схематическая карта Австралии с указанием местонахождения различных полезных ископаемых: 1 — каменный уголь; 2 — горючие сланцы; 3 — железные руды; 4 — медные руды; 5 — золото; 6 — полиметаллические руды; 7 — оловянные руды; 8 — бокситы; 9 — урановые руды; 10 — титановые руды; 11 — нефть, газ и районы сосредоточения поисково-разведочных работ на них

тическими данными. Такие поспешные выводы повели поисково-разведочные работы на нефть и газ в Австралии по неправильному пути и,

С 1900 г., когда бурившаяся на воду скважина близ города Рома дала природный газ, по 1958 г. пробурили около 500 разведочных скважин, но



промышленных месторождений нефти и газа так и не выявили. Однако с 1958 г., когда были поставлены геофизические исследования, отношение ученых к осадочному чехлу коренным образом изменилось. Прежде всего, оказалось, что осадочные породы имеют большую мощность; более того, 22 осадочных бассейна были оценены как перспективные на нефть и газ.

В декабре 1961 г. фирма «Юнион керн АОГ» ввела в эксплуатацию скважину № 1 на площади Мунни (штат Квинсленд), открыв тем самым первое промышленное нефтяное месторождение в Австралии. В Департамент национального развития посыпались заявки от отдельных нефтяных компаний и фирм на получение участков для проведения поисково-разведочных работ. Департамент, исходя из необходимости освоения внутренних «безжизненных» районов страны, при выдаче лицензий на производство поисково-разведочных работ и субсидировании их наибольшее предпочтение отдавал труднодоступным районам. Развернулись поисково-разведочные работы, в ходе которых, преодолевая большие трудности<sup>1</sup>, в глубь «мертвой» пустыни продвигались разведочные скважины. За пять лет на Австралийском континенте было пробурено 1100 поисковых скважин. С каждым годом разведочные работы все расширялись. За сравнительно короткое время на территории Квинсленда, Западной Австралии и Северной территории было открыто большое число нефтяных и газовых месторождений, в частности, в Карнарвоне, Алтоне, Рома, Гиджеалпе, Гилморе, Эрроусмите, Мирени и других пунктах страны, при этом нефтяные и газовые месторождения установлены в ордовикских, пермских и юрских отложениях.

Оказалось, что выявленный в сердце Австралийского континента в осадочном бассейне Амадеус крупный газоносный район превосходит

по площади Техасский газонефтяной бассейн в США. Начались работы и в шельфовой полосе, где также обнаружили газовые залежи. Крупное месторождение нефти было найдено на острове Барроу, исключительно богатом сумчатыми грызунами, пресмыкающимися. Открытые на острове месторождения нефти поставили австралийских зоологов перед необходимостью разрешения сложной проблемы — сохранить фауну от возможного уничтожения. Постепенно в поисково-разведочные работы включались все новые участки шельфовой зоны — в прибрежных водах Южного Уэльса, штата Виктории, Квинсленда, в заливе Папуа (у берега Новой Гвинее), заливе Бонапарта. Все эти месторождения, однако, расположены далеко от районов потребления. Поэтому необходима транспортировка газа и нефти на большие расстояния. Два месторождения уже соединены нефтепроводами и газопроводами с прибрежными городами страны (Мунни — Брисбен, Гиджеалпа — Аделаида). Проектируется строительство ряда новых газопроводов, в том числе Рома — Брисбен, Гиджеалпа — Мельбурн.

Успехи в поисках нефти и газа в Австралии не остались незамеченными в Новой Зеландии. В ходе развернувшихся там поисково-разведочных работ уже открыто нефтяное месторождение в Капуни и большие надежды возлагаются на Нью-Плимут и Уонгануе.

<sup>1</sup> Для пустынных районов Австралии характерна высокая температура, интенсивная солнечная радиация, почти полное отсутствие осадков (до 25 мм в год), а также сильные ветры, временами переходящие во всеразрушающие ураганы «вилли-вилли».

## Страна «лунных гор»

Г. Е. Чистяков  
Кандидат географических наук  
Якутск

Как Вы думаете, что изображено на этой фотографии? Участок лунной поверхности? Кратер вулкана? Во всяком случае, этот кольцевой гольц — одна из интереснейших и своеобразных форм рельефа. И вот почему. Действительно, издали он несколько напоминает широкий и низкий усеченный конус гигантского вулкана. В плане хребет, образующий гольц, похож на лунный кратер (форма его — правильное кольцо), внешний диаметр которого у подножия хребта 8—10 км, а внутренний 6—7 км. Относительное превышение хребта над окружающими горами плоскогорья достигает 500 м. Склоны хребта крутые, и только северный внешний склон довольно пологий.

Вершина гольца плоская, каменистая, шириной от 200 до 300 м. Внутри хребта расположена глубокая котловина, по которой протекает речка. В ее русле можно видеть две наледы — в центре и при выходе из котловины (рис. 1).

Внешние склоны хребта изрезаны многочисленными узкими и глубокими эрозионными воронками, в которых берут начало многие мелкие ручейки.

Два основных фактора повлияли на образование этого кольцевого гольца. С одной стороны, правильная

Рис. 1. Кольцевой галец «Кондер»: 1 — наледь в центре массива; 2 — наледь при выходе речки Кондер из котловины

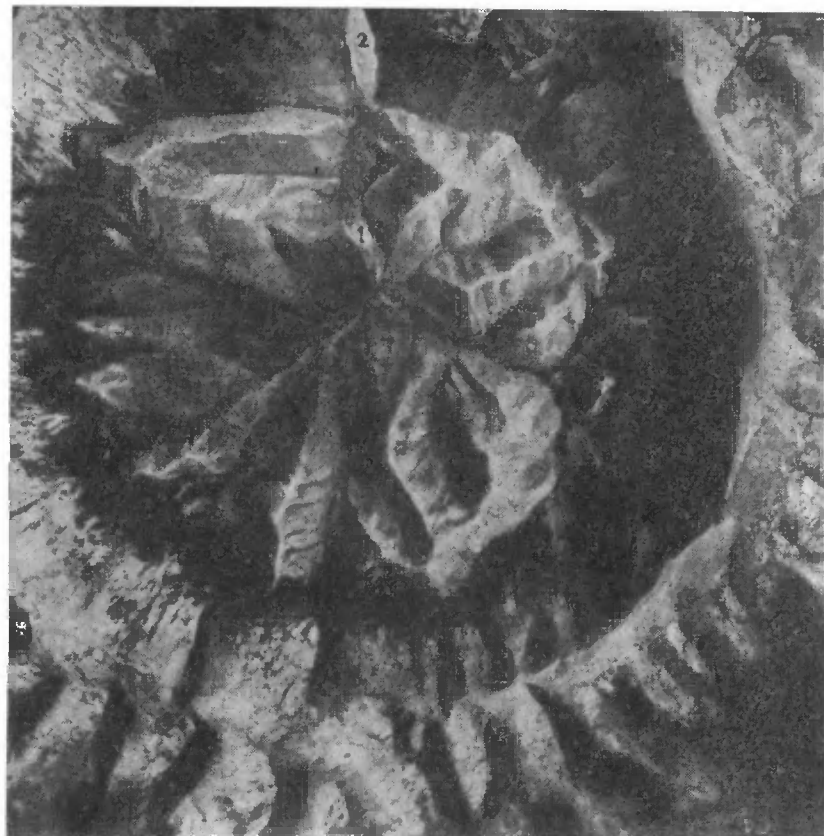
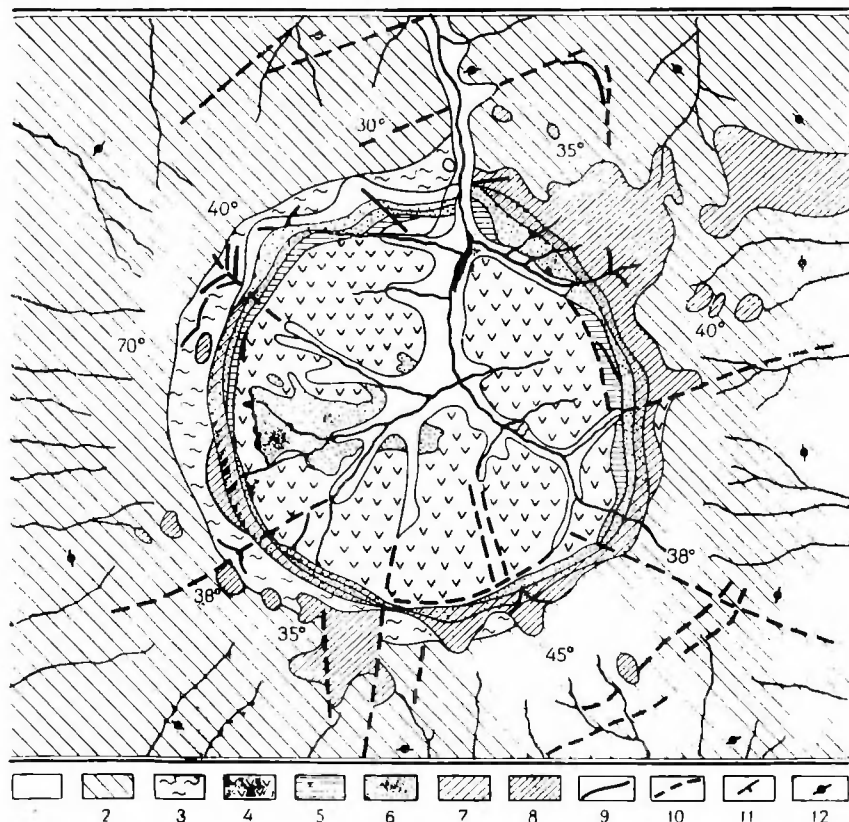


Рис. 2. Схематическая геологическая карта интрузии: 1 — четвертичные отложения; 2 — алевролиты и аргиллиты омнинской свиты; 3 — контактовые гнейсы по песчанкам эннинской свиты; 4 — дуниты; 5 — перидотиты; 6 — косьвиты и биотитопироксеновые породы; 7 — гибридные породы типа габбро-диоритов и меланократовых монцонитов; 8 — диориты и монцониты; 9 — карбонатиты; 10 — разрывные нарушения; 11 — наклонное залегание пород; 12 — горизонтальное залегание пород



округлая форма хребта связана с процессом внедрения с глубины магмы по каналу в кристаллических породах. Эта ультраосновная щелочная интрузия (на рис. 2 можно видеть, насколько сложно геологическое строение хребта и котловины) не грорвала осадочных пород и осталась скрытой под ними. В дальнейшем реки размывали верхний покров осадочных отложений, кое-где выступили на поверхность кристаллические породы. Но как только обнажились ультраосновные породы центральной части депрессии, денудация (разрушение) краевых частей гольца и центрального ядра должна была пойти разными темпами: скорость разрушения ультраосновных изверженных пород как более поддающихся действию агентов выветривания была гораздо больше скорости разрушения ороговикованных осадочных пород остатков кровли. Таким образом начали постепенно вырисовываться современные контрастные формы рельефа гольца — внутригорная котловина в его центральной части и плосковершинный хребет. Кольцевая форма хребта была обусловлена заранее тектоническим контактом между ультраосновными изверженными породами центрального ядра гольца и ороговикованными осадочными породами его периферии. Возникновение кольцевой депрессии, отделяющей хребет от котловины, также обусловлено тектоникой: давленные, сильно трещиноватые породы быстрее разрушаются.

Вот так и возник этот удивительный рельеф, показанный на нашем аэрофотоснимке. Сейчас здесь почти нет растительности: на горах лишь редкий кедровый стланик; в верховьях мелких рек — локальные заросли ели; в долине реки и на нижних частях склонов коренных берегов вперемежку с сосной растет лиственница, береза, тополь, ива; ветла — в виде высокого кустарника.

Поскольку котловина отгорожена от ветров высоким барьером, можно предполагать, что в ней существует своеобразный микроклимат с особым режимом осадков и других элементов погоды. Однако сведений о климате котловины, к сожалению, пока нет.

Необходимо отметить, что этот гольц — неодинок, в округе на 100—200 и более километров от него расположены аналогичные массивы.

Это поистине уникальная коллекция кольцевых гольцов, и, по-видимому, космонавты, пролетая на большой высоте над этой частью земной поверхности, смогут видеть одновременно все массивы и получить впечатление «лунного» пейзажа.

## Усиление физических возможностей человека

Е. П. Коструб, Ф. В. Романов  
Москва

В последнее время ведутся большие экспериментальные работы по созданию устройств, усиливающих физические возможности человека. Эти устройства образуют с ним единый комплекс и действуют по его команде, во много раз усиливая мышечную силу рук и ног, освобождая от излишней нагрузки опорно-двигательную систему, а также помогают выполнять физические работы на расстоянии, повышают проходимость различных машин и т. д.

Фирма «Дженерал Электрик» (США) еще в 1954 г. стала разрабатывать различные манипулирующие устройства, основанные на принципе электромеханической силовой обратной связи, которая позволяет оператору управлять машиной и чувствовать движение самой машины.

В данном обзоре приводится описание некоторых таких устройств: экзоскелетона, дистанционного манипулятора и шагающей машины. В основу этих аппаратов заложены опорно-двигательные системы, подобные живым организмам.

Экзоскелетон (наружный каркас, скелет) — это устройство, разрабатываемое фирмой «Дженерал Электрик», позволяет разгружать опорно-двигательный аппарат челове-

ка и одновременно увеличивать силу рук, ног и туловища. Экзоскелетон представляет собой многосегментный шарнирный каркас, изготовленный из легких сплавов. Он надевается на человека и его отдельные сегменты соосны с суставами рук и ног. Такая конструкция позволяет дублировать сложные движения человека. Для фиксации положения тела (или какой-либо конечности) каждый шарнирный «сустав» снабжен специальным стопорным механизмом. Вес экспериментального образца экзоскелетона около 16—18 кг, однако предполагается, что в дальнейшем он может быть несколько снижен.

Экзоскелетон, сопровождая движения человека, приводится в действие с помощью сервоприводов. Управление сервоприводами регулируется с помощью датчиков, размещенных на теле человека и на экзоскелетоне.

Датчики воспринимают сигналы, которые управляют кинематикой и динамикой экзоскелетона, обеспечивая следование сегментов естественным движениям человека. Благодаря этому увеличивается его мышечная способность и тем самым надолго сохраняются силы человека при выполнении длительных работ, требующих значительного физического напряжения. Когда одетый в экзоскелетон человек сгибает, например, локти, чтобы направить свое усилие в нужном направлении, по сигналу датчика конструктивный элемент этого аппарата срабатывает и помогает движению локтевых суставов. Источником энергии для экзоскелетона может служить портативная силовая установка, размещаемая на спинной части конструкции.

Во время экспериментальных испытаний выявлено, что механические со-

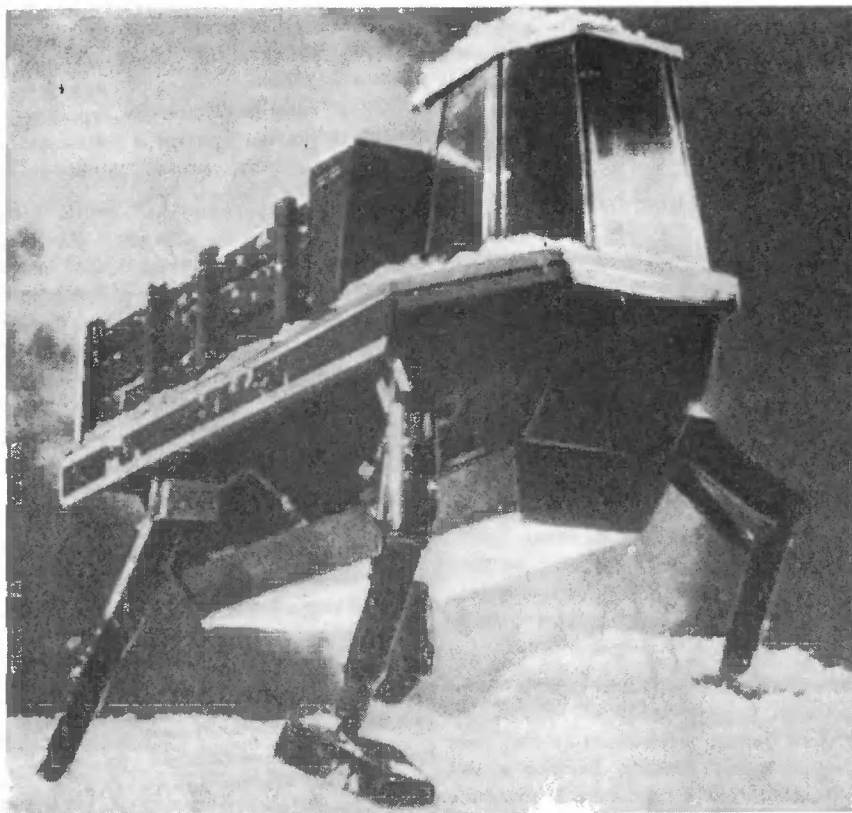
членения устройства успешно дублируют многие сложные движения суставов тела человека. В экзоскелетоне шарниры соединены с помощью штифтов и стопоров, которые при необходимости могут ограничивать движения в любом сочленении. Закрепляя фиксаторы в различных положениях, можно изменять углы поворота шарнира. Для большинства сочленений требуется одно основное шарнирно-стопорное устройство. Исключения составляют запястье и плечо: запястье имеет три, а плечо пять шарнирно-стопорных устройств.

Моделирование движений плечевого сустава вызывает большие трудности, так как шарнирно-стопорные устройства, находящиеся спереди и сзади, препятствуют свободному движению рук. Для сохранения ротационных движений плеча, предплечья, бедра и голени на тело накладываются специальные муфты.

Испытатели, проверяя мобильность экзоскелетона, ходили, бежали, поднимались по лестнице и переносили грузы. Движения в сочленениях совершались без явно выраженных затруднений. Эти испытания подтвердили возможность практического применения экзоскелетона. Его предполагается использовать при проведении погрузочно-разгрузочных работ на складах, строительных работах и т. д. Экзоскелетон позволит человеку без особой затраты энергии поднимать и переносить груз весом в 450—680 кг.

Фирмой «Дженерал Присижен» изготовлено несколько видов электрогидравлических и электромеханических приводов, нашедших широкое применение в авиации и космонавтике. Не исключено, что в ближайшем будущем с помощью этих приводов человек в экзоскелетоне сможет одной рукой поднимать груз весом в 1 т.

Дистанционные манипуляторы. Другое направление исследований — разработка дистанционных манипуляторов. В атомной промышленности такие манипуляторы уже применяются. Сейчас изучаются возможности для их использования в космических полетах с участием человека. Манипуляторы могут стать необ-



Шагающий грузовик. Приводится в действие манипулирующими рычагами, которые прикрепляются к рукам, ногам и туловищу оператора. Такой грузовик может переносить груз весом 230—250 кг со скоростью 8 км/час

ходимыми устройствами при осмотре наружной поверхности космического корабля и при ремонтно-монтажных работах в космосе. Предполагается, что космические манипуляторы будут использованы американскими космонавтами по программе «Аполлон» в период 1970—1973 гг. Фирма «Линг-Темко-Воут» уже разработала два проекта космических манипуляторов, с помощью которых космонавт сможет маневрировать в космосе, подходить к космическим кораблям на орбите, закрепляться на их внешней поверхности и производить осмотр или ремонт.

Первый проект получил сокращенное обозначение «MWP» (Maneuvering work platform — маневрирующая ра-

бочая платформа). В этом проекте рычаги-манипуляторы устанавливаются на открытой платформе, на которой находится одетый в скафандр космонавт. Здесь же размещаются инструменты и материалы, необходимые для выполнения ремонтных, монтажных или инспекционных работ, а также топливо для двигателя платформы и кислород для обеспечения жизнедеятельности космонавта. Максимальный вес платформы около 12 т.

Второй проект получил условное название «космическое такси». Рычаги-манипуляторы размещаются в полностью закрытом отсеке межпланетного корабля под кабиной космонавта-оператора. Закрепление этого аппарата на космическом объекте осуществля-

ется с помощью «абордажных крючьев».

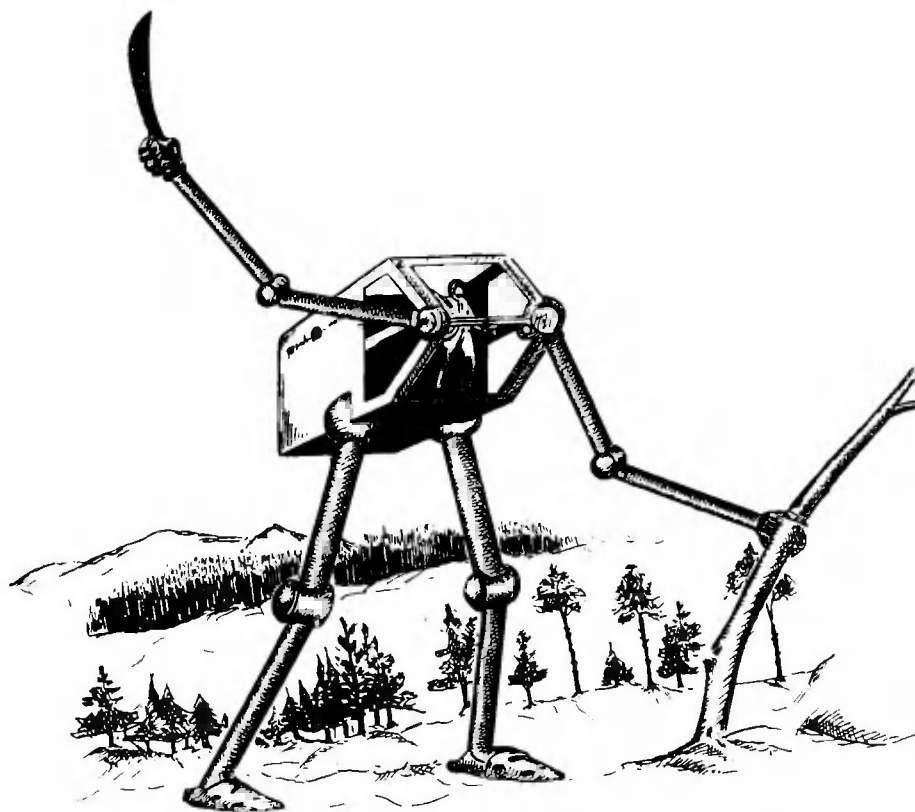
Оба вида дистанционных манипуляторов должны иметь собственные автономные системы, позволяющие им действовать в космосе независимо от корабля, на котором они базируются: двигательную установку, системы управления, энергообеспечения, жизнеобеспечения и связи. Каждый из этих манипуляторов рассчитан на работу в открытом космосе в течение 10 часов.

Как известно, в США основное внимание в области космических исследований уделяется освоению Луны. В программу изучения ее поверхности входят операции по сборке и ремонту различного оборудования. Осуществление ряда комплексных операций на Луне человеком, одетым в скафандр и находящимся в состоянии пониженной гравитации, будет сильно затруднено. Эти операции на поверхности Луны человек сможет выполнять, находясь внутри герметической капсулы, снабженной механическими руками-манипуляторами. Предполагается, что один космонавт в герметической капсуле, одетый в обычную рабочую одежду, может управлять несколькими парами таких «рук».

Аргоннская лаборатория (США) изготовила несколько таких устройств с непосредственным механическим соединением исполнительных органов с командными на основе электронных систем.

Поскольку руки-манипуляторы сконструированы таким образом, что они повторяют движения рук оператора, при выполнении сложных операций они более эффективны, чем любые другие устройства с дистанционным управлением.

Управление манипуляторами осуществляется по принципу силовой обратной связи. Преимущество этого принципа в том, что он допускает непрямую манипуляцию, благодаря чему оказывается возможным изменение масштаба сил и перемещений при строгом соблюдении пространственного и силового подобия.



Схематический вид шагающей машины для расчистки местности от леса и кустарника. Высота этой машины 5,5 м, движители («ноги») с помощью гидравлического привода воспроизводят сигналы управления оператора, находящегося в кабине

Шагающие машины. Исследования направлены на создание таких машин, которые бы моделировали движения живых организмов. Ведутся разработки шагающих, бегающих, скачущих и ползающих машин, среди них — машины, шагающие на четырех опорах («ногах»). Они имеют гидравлическую систему управления, основанную на принципе обратной связи в звене «человек — машина». Такая система воспроизводит движение рук и ног оператора. Этот «шагающий грузовик» предназначен для передвижения на труднопроходимой местности, не доступной для других видов транспорта.

Машина приводится в действие манипулирующими рычагами, которые прикрепляются к рукам, ногам и туловищу оператора. Грузовик передвигается подобно четвероногим животным, воспроизводя в своих действиях движения оператора. Такой грузовик рассчитан на перенос груза весом 230—250 кг со скоростью 8 км/час. Оператор имеет возможность выбирать подходящие точки на поверхности Земли для перемещения «ног», обходя труднодоступные места.

Фирма «Дженерал Электрик» работает также над проектом шагающей машины, предназначенной для расчистки труднопроходимой местности, поросшей деревьями и кустарником. Высота этой машины 5,5 м, движители («ноги») с помощью гидравлического привода воспроизводят сигналы управления оператора, находящегося внутри машины.

По мнению зарубежных специалистов, создание шагающих машин, экзоскелетов, дистанционных манипуляторов и других электронных сервоустройств, способных усиливать физические возможности человека, позволит значительно механизировать трудоемкие и специфические работы в различных природных условиях. Эти же аппараты могут найти применение в космических полетах и при изучении других планет.

УДК 621

## Фареро-Исландский порог

Б. Н. Котенев

Полярный научно-исследовательский и проектный институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича Мурманск

Материковые массивы Гренландии и Европы связаны между собой подводной горной цепью, состоящей из Гренландско-Исландского, Фареро-Исландского порога и порога Уайвила Томсона. Судя по геологическому строению Исландии и Фарерских островов, эти пороги, по крайней мере в своей верхней части, сложены пласто-базальтами.

Летом 1967 г. на экспедиционном судне ПИНРО «Академик Книпович» проводились морские геологические работы близ Исландии. Особенно детально был исследован район юго-восточнее острова. В этом районе шельф и островной склон отделены от склона и вершинной поверхности Фареро-Исландского порога широкой (более 15 миль) подводной долиной тектонического происхождения. Из-за высоких скоростей придонных течений здесь, на глубинах до 1200—1400 м, развиты грубообломочные осадки — крупнозернистый песок, гравий, галька, дресва, щебень.

Предварительный анализ каменного материала (30 проб грунта) показывает, что на островном склоне Исландии в составе осадков преобладают обломки базальтов, а на западном склоне Фареро-Исландского порога каменный материал представлен почти исключительно породами метаморфического комплекса: гранито-гнейсы

и гнейсо-граниты, биотитовые и микроклиновые граниты, катаклазит гранита и т. д. Эти породы в известной степени напоминают метаморфические докембрийские породы Гренландии и Скандинавии. Обломки метаморфических пород в осадках западного склона Фареро-Исландского порога, как правило, слабоокатаны или угловаты. Размер их в поперечнике достигает 10 см.

Трудно связать наличие этих обломков в современных и четвертичных отложениях данного района с ледовым или водорослевым разномом. Скорее всего, это элювий коренных пород, слагающих западный склон Фареро-Исландского порога.

Таким образом, можно предполагать, что фундамент Фареро-Исландского порога состоит из пород, сходных с теми, которые слагают материковые массивы Гренландии и Скандинавии. Новые данные о геологическом строении Фареро-Исландского порога позволяют более обоснованно подойти к решению проблемы происхождения прилегающих глубоководных пространств Северной Атлантики и Норвежско-Гренландского бассейна, в частности к гипотезе дрейфа континентов Северного полушария, а также к правильному истолкованию результатов геофизических исследований.

УДК 561.482.3

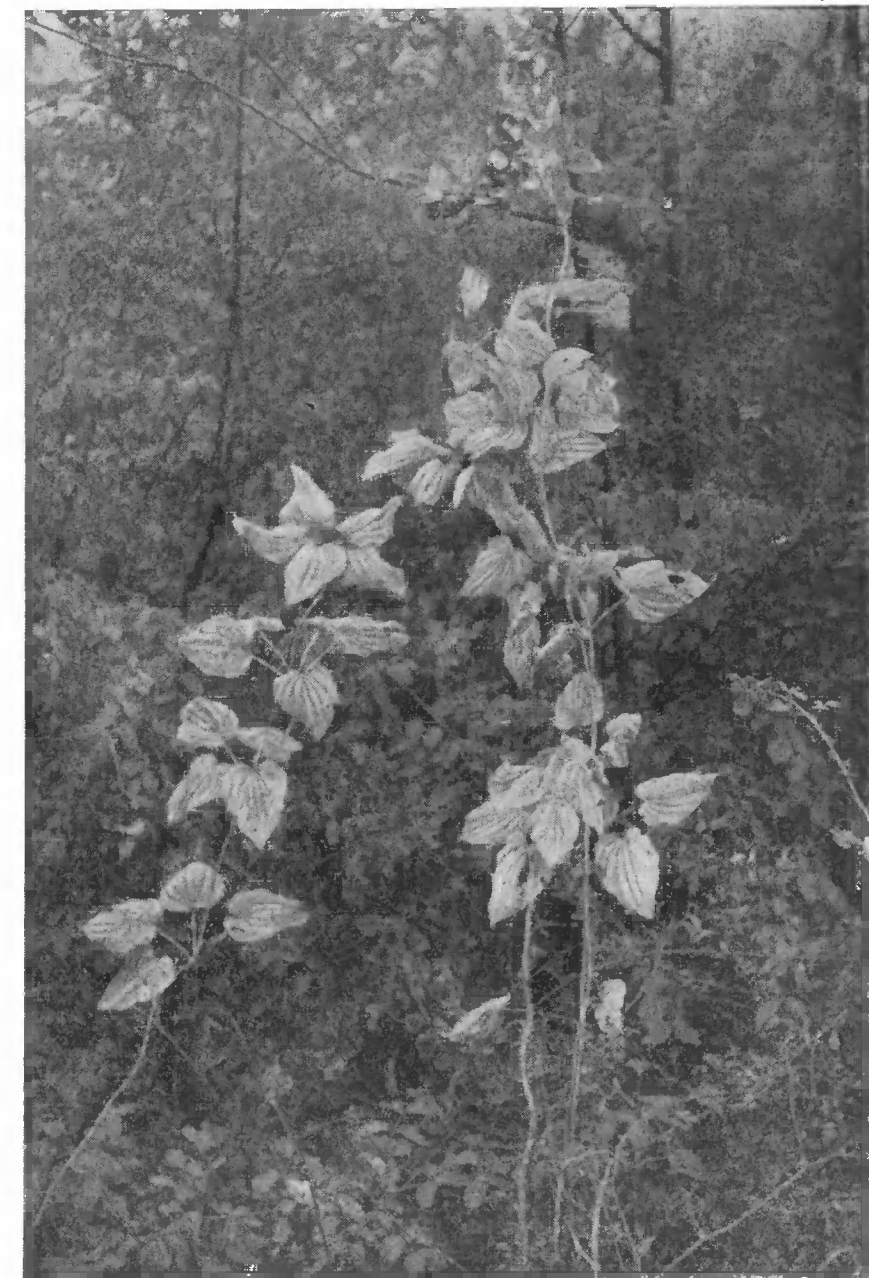
# Диоскорея кавказская

Д. К. Гицба  
Педагогический институт  
им. А. М. Горького (Сухуми)

Флора Советского Союза богата многими ценными лекарственными растениями. Особое место среди них занимают редкие для нашей страны представители рода диоскореи (*Dioscorea* L.) семейства диоскорейных (*Dioscoreaceae* Lindl.). У нас встречается два вида таких растений. Один из них — диоскорея японская (*Dioscorea nipponica* Makino) — растет на Дальнем Востоке, в Приамурье и Приморье. Это северная часть ареала вида, более широко распространенного в Северо-Восточном Китае и Японии. Другой вид — диоскорея кавказская (*Dioscorea caucasica* Lipsky) — произрастает на Черноморском побережье Кавказа, на небольшом пространстве между бассейнами рек Мзымты (близ Адлера) и Кодора (близ Сухуми).

Оба вида — представители древней, третичной флоры, сохранившейся до наших дней на территории СССР. Большая часть видов диоскореи распространена в тропиках в субтропиках Азии, на островах Полинезии, в Южной и Центральной Америке.

Диоскорея кавказская — двудомное вьющееся растение высотой до 3—5 м. Надземные ее части зимой ежегодно отмирают и вновь возобновляются весной из корневища. Произрастает диоскорея на опушках и в изреженных древостоях дубовых лесов, на известковых почвах.

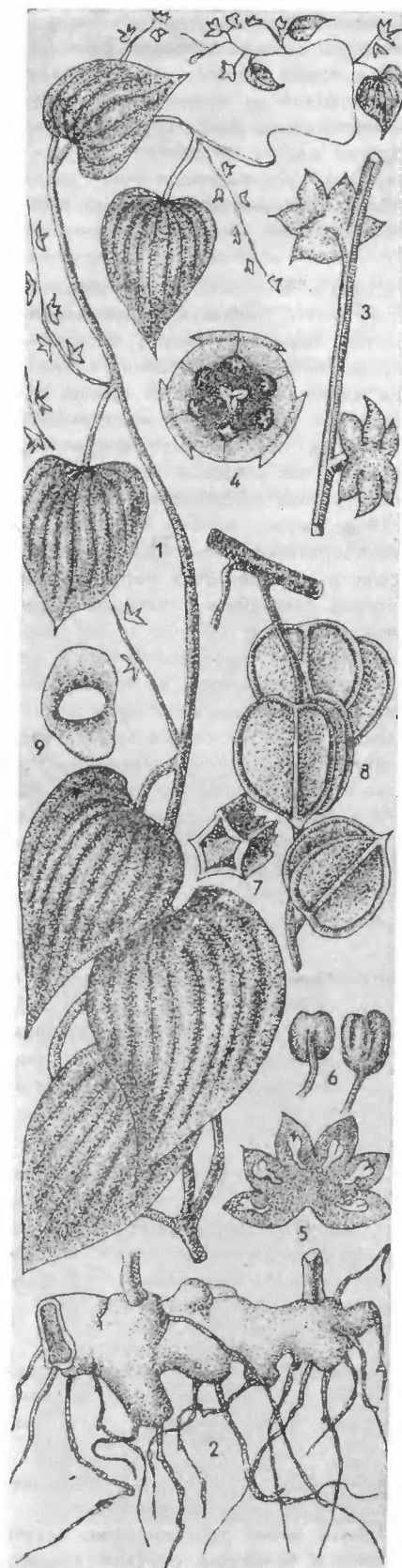


Диоскорея кавказская в молодом-дубовом лесу на Черноморском побережье Кавказа (Адлерское лесничество)

Некоторые виды диоскореи с клубнями, богатыми крахмалом, широко используются в пищу. Например, в тропиках и субтропиках едят батат, называемый также сладким картофелем (на самом деле он не родствен картофелю, принадлежащему к дру-

гому семейству — пасленовых). Сравнительно недавно (15—20 лет назад) в корневищах диоскорей, не имеющих пищевого значения, были найдены вещества, служащие источником получения стероидных гормонов, в частности кортизона, который





раньше получали из продуктов животного происхождения (из надпочечников и желчи крупного рогатого скота).

За последние 10 лет в СССР из корневища диоскореи кавказской получен ценный отечественный препарат — диоспонин, применяемый при лечении сердечно-сосудистых заболеваний, связанных с атеросклерозом. Этот препарат рекомендуется при следующих заболеваниях (согласно «Инструкции по применению диоспонина» фармакологического комитета): при атеросклерозе сосудов головного мозга, как в начальной его стадии (в целях профилактики), так и в выраженных формах заболевания; при общем атеросклерозе; при атеросклерозе, сочетающемся с гипертонической болезнью; при кардиосклерозе.

Клиническое испытание показало, что после лечения диоспонином наступает уменьшение и нормализация холестерина в крови, снижение артериального давления, ослабевают или проходят головные боли, головокружение, уменьшается утомляемость и раздражительность, сон становится глубоким и продолжительным, улучшается память и повышается трудоспособность.

Предпринятые нами в 1965—1966 гг. детальные исследования условий произрастания и запасов диоскореи кавказской на Черноморском побережье Кавказа позволили выявить ряд новых мест ее массового распространения, изучить биологические особенности, требования к внешней среде, ее естественное возобновление, а также обосновать методы рациональной эксплуатации. Результаты

этих исследований дают возможность шире использовать запасы дикорастущей диоскореи кавказской и будут полезны при освоении ее в промышленной культуре.

Тем не менее ареал диоскореи кавказской до настоящего времени изучен еще недостаточно; места ее массового произрастания, имеющие промышленное значение, выявлены лишь в Адлерском районе Краснодарского края, и то далеко не полностью. Недостаточность выявленных запасов диоскореи кавказской задерживает массовую выработку ценного лечебного препарата — диоспонина. Поэтому дальнейшее изучение распространения дикорастущей диоскореи кавказской весьма актуально.

Диоскорея кавказская (по Прайну и Вильдеману): 1 — верхняя часть мужского экземпляра растения; 2 — корневище (ризом); 3 — мужские цветы (увеличено); 4 — диаграмма мужского цветка; 5 — развернутый мужской цветок (увеличено); 6 — тычинского соцветия (увеличено); 8 — ки; 7 — поперечный разрез оси мужских зрелых коробочек (плоды); 9 — семя диоскореи кавказской

УДК 633.88

# Озеро Ханка

Н. Н. Поливанова  
Кандидат биологических наук

Биолого-почвенный институт  
дальневосточного филиала  
СО АН СССР (Владивосток)

## Охрана природы

Озеро Ханка — крупнейший пресноводный водоем на юге Советского Дальнего Востока.

Западные берега озера высокие, сухие. Они используются под различные сельскохозяйственные угодья. Восточные и южные берега — топкие и болотистые слагаются из системы плавней, болот, сырых лугов, проток и мелких озер. Среди болот местами тянутся узкие возвышения — «гривы», иногда поросшие древесной растительностью.

В зоне плавней широко распространены заросли тростника, дикого дальневосточного риса, осок, вейников, служащих прекрасными станциями для гнездования речных и нырковых уток, лысух, поганок, чаек, крачек и других птиц.

Флора и фауна озера Ханка — очаг редких и реликтовых форм, область распространения и численность которых значительно сокращаются вследствие хозяйственной деятельности человека и особенно из-за браконьерства.

Среди растений прежде всего обращает на себя внимание лотос. Его заросли с крупными нежно-розовыми цветами огромными, иногда до метра в диаметре, листьями — чарующая по красоте картина. Больше

всего это древнее растение распространено в месте впадения реки Лифу в озеро Ханка и на Лопуховом озере (одно из мелких озер, окружающих озеро Ханка с юго-востока). Другой реликт третичной флоры — эвриола уступающая — на озере Ханка практически полностью уничтожена.

Рассказ о животном мире озера следует начать, пожалуй, с дальневосточной черепахи *Amyda sinensis* — представителя своеобразного отряда мягких черепах. Этот крайне интересный вид имеет и практическое значение, так как мясо его высоко ценится как пищевой продукт. Распространена черепаха во всем бассейне Амура, однако основное ее местообитание — оз. Ханка и бассейн р. Уссури. Этих полезных животных становится с каждым годом все меньше и меньше из-за сбора населением черепаших яиц и сокращения площадей, на которых она их может откладывать. Единственное место, где в настоящее время черепаха может спокойно размножаться, это остров Сосновый у западного берега озера. Но и здесь ее беспокоят рыбаки и туристы. На восстановление численности черепахи можно надеяться только в том случае, если остров объявят заповедным.

Ихтиофауна озера очень богата. В нем обитает около 50 видов рыб, среди которых много таких ценных промысловых, как сазан, верхогляд, ауха, желтощек, сом, толстолобик и другие.

Однако запасы рыбы на озере ежегодно падают, и в этом повинны не только интенсивное рыболовство, но и браконьерство, а также плохое содержание нерестилищ, которые нуждаются в строжайшей охране.

По сухим гривам и даже в плавнях обитают енотовидная собака, лисица, колонок, дальневосточный кот.

Широко распространилась выпущенная в 1951 г. на озере ондатра. Однако, своей популярностью озеро Ханка в основном обязано птицам, так как на нем во время гнездова-

ния и сезонных пролетов скапливается огромное множество водоплавающей и другой дичи, хотя по сравнению с временами Н. М. Пржевальского его орнитофауна значительно обеднела.

Нельзя не согласиться с К. А. Воробьевым, который пишет: «Мне кажется, я не ошибусь, сказав, что для пролета и гнездования птиц озера Ханка имеет для Дальнего Востока такое же значение, как дельта Волги для Европейской части Союза. Во время пролета — это «перевальный пункт», где кормятся и отдыхают миллионы пролетных птиц; во время гнездования — это обширный резерват водоплавающей дичи».

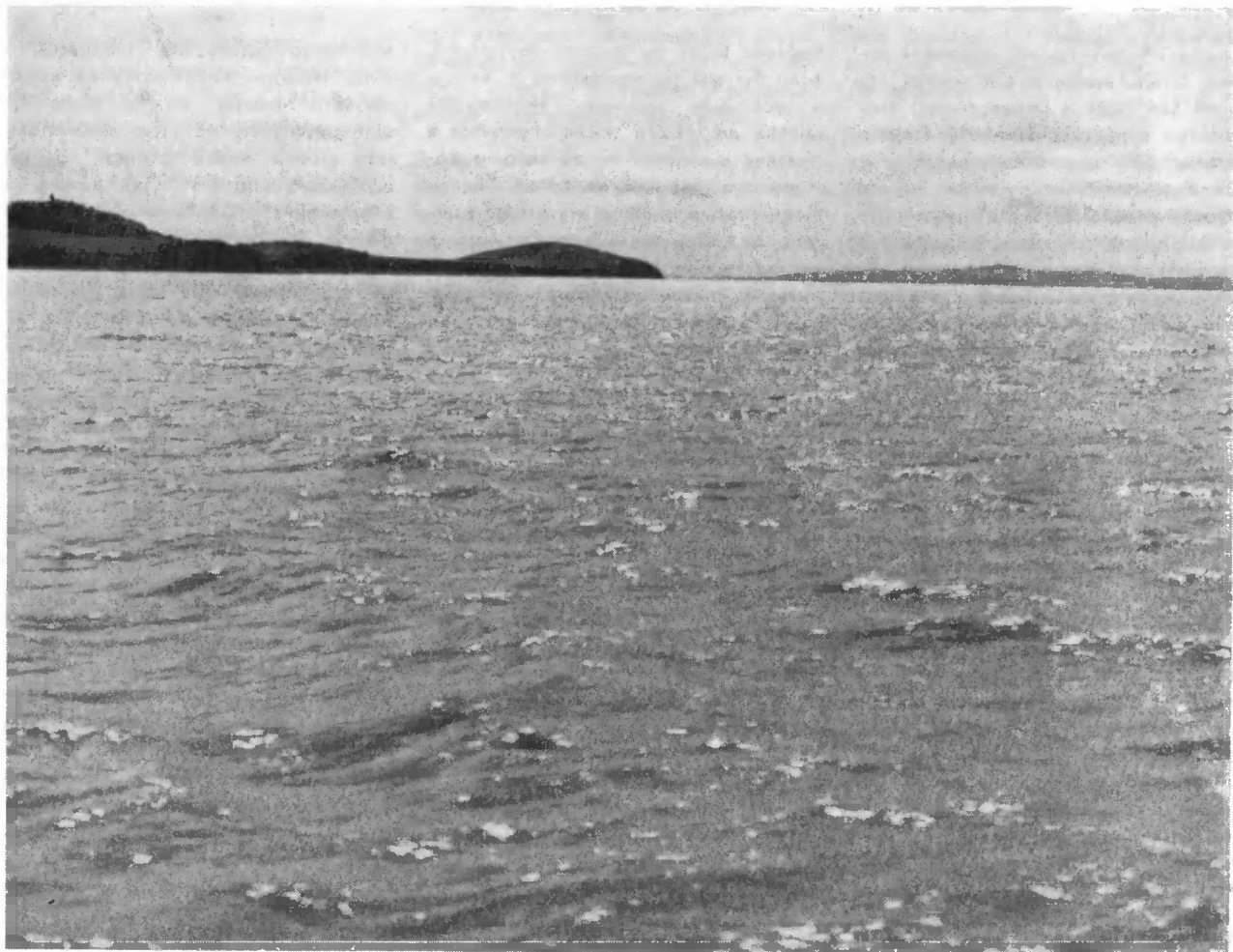
Особо сильное впечатление произ-

водят утки во время весеннего перелета, когда они десятками тысяч скапливаются вокруг первых полей, а вечером почти одновременно поднимаются и летят на кормежку. На озере Ханка обитает 35 видов водоплавающих птиц. Наиболее распространены здесь черная кряква, хохлатая чернеть, чирок-трескунок, лысуха, кряква, камышица. Обычны, но не многочисленны касатка, чирок-свистунок, нырок Бэра, гораздо реже встречаются широконоска, серый гусь, сухонос, лебедь-кликун. Интересно, что наряду с общим сокращением численности уток, происходящим за последнее столетие, черной кряквы и хохлатой чернети постепенно становится все больше. Оба эти вида в настоящее время обычны, даже многочисленны на гне-

здовье, в то время как Н. М. Пржевальский и Л. М. Шутьпин считали черную крякву редкой, а гнездование хохлатой чернети на озере Ханка вообще не регистрировали. Связано это, вероятно, с повышением уровня воды в озере и возможно с общим расширением ареала обоих видов.

Надо также подчеркнуть, что озеро Ханка имеет огромное значение не только для пролета и гнездования, но и для линьки водоплавающих. Последнее обстоятельство крайне важно, так как площадей, где могли бы перелинять эти пернатые, осталось значительно меньше, чем гнездовых.

Говоря об озере Ханка, нельзя не



Озеро Ханка



Пернатые обитатели озера Ханка:  
1 — чайка перед взлетом; 2 — лысуха;  
3 — чайка-моевка; 4 — лебедь-кликун;  
5 — селезень прилетел  
Фото Н. Юрушкиной,  
А. Щеголева, Б. Беликова



сказать об уникальных колониях цапель. Столь крупных смешанных колоний (до 1000 и более гнезд) этих птиц нет в других частях Советского Дальнего Востока. Основными обитателями их являются серые и восточные рыжие цапли. Значительно меньше гнездится здесь большая белая цапля. Изредка поселяются тут же зеленые кваквы. Бок о бок с цаплями живут камышницы и здесь же в тальниках гнездятся дроздовидные камышевки.

Очень интересна большая лефинская колония цапель (расположенная в устье р. Лефу), сохранившаяся еще со времен Н. М. Пржевальского. Колония этих птиц претерпела количественные и качественные изменения. Великий путешественник нашел в устье Лефу колонию, в которой гнездились несколько сот серых и белых цапель (приблизительно поровну) и колпиц. Это же поселение птиц в 1926—1928 гг. посетил Л. М. Шульпин. Колпицы к тому времени почти исчезли, белых цапель стало мало, но зато появились рыжие цапли. Общая численность гнезд не превышала 150. В настоящее время здесь обитает 700—800 пар серых и рыжих и около 10 пар белых цапель. Еще более крупные колонии этих птиц расположены на острове Калугине, недалеко от устья р. Мо.

Картина была бы далеко не полной, если бы мы не упомянули о чайках и особенно крачках. Белокрылая крачка десятками тысяч гнездится в плавнях и на болотах южного и восточного побережья оз. Ханка. Огромными стаями носятся эти птицы в погоне за летающими насекомыми, а иногда пикируют на воду и ловят мелкую рыбешку. Крачки придают озеру в летнее время совершенно своеобразный колорит.

Среди болот юго-восточного побережья нам удалось обнаружить две колонии белошеких крачек (*Chlidonias hybrida* Pall.). Этот интересный подвид не был описан в отечественной литературе и не вошел в списки фауны Советского Союза.

На болотах юго-восточного побережья оз. Ханка гнездится белый уссурийский журавль, область распространения которого ограничивается только Приморьем, Маньчжурией и Японией. В настоящее время количество этих замечательных птиц резко сократилось, сузился и район их гнездования. Гнездятся они сейчас только на Сунгачинских войниковых болотах.

Что касается колпиц и красноногого ибиса, обычных на озере Ханка во времена Н. М. Пржевальского, то

они теперь здесь не гнездятся, а лишь изредка появляются во время пролета. Многие можно было бы еще рассказать об этом замечательном уголке нашей страны, о его шумных, хлопотливых обитателях, составляющих неоценимое богатство фауны. Это богатство можно поверить только в бережные руки, иначе скоро его может и не стать совсем. А ведь ни для кого не секрет, что эта уникальная фауна год от года катастрофически беднеет вследствие весенних палов, браконьерства, вырубки тальников и других причин, объясняющихся бесхозяйственностью и равнодушием.

Если не приостановить этот процесс, то через 10—15 лет богатейшее озеро превратится в пустыню. Вот почему чрезвычайно остро назрел вопрос о создании Ханкайского заповедника, который поможет хотя бы на ограниченных участках сохранить уникальные природные комплексы знаменитого озера.

# Алма-Атинский заповедник

Х. Жунусов  
Герой Социалистического Труда

Организация Алма-Атинского заповедника имеет довольно бурную историю. Основан он был в 1931 г. на территории Мало-Алма-Атинского лесничества, площадью 15 000 га. Затем, в 1935 г. площадь его была увеличена до 856 000 га. После этого она неоднократно сокращалась, а в 1951 г. заповедник был и вовсе ликвидирован. Восстановлен он только с 1961 г. и занимает теперь площадь в 89 537 га. Состоит он из двух отделов: горного и пустынного.

Богата и многообразна природа заповедника: тут и похожие на тропические тугайные леса, не дающие тени заросли саксаула, горные дикоплодные и хвойные леса; тут и обилие дичи — джейраны, архары, маралы, косули, кабаны, барсы, зайцы, тетерева, кеклики, фазаны. Пересекая заповедник с севера на юг, нередко можно увидеть сказочный мираж в знойном мареве нагретого до 50° воздуха пустыни, встретить «поющие» горные пески, издающие звук реактивных самолетов, насладиться прохладой глубоких затененных горных ущелий и хвойного леса. И надо всем этим — бирюзовое небо и яркое оранжевое солнце, заставляющее быстрые горные реки искриться всеми цветами радуги.

А с чем сравнить ощущение человека, поднявшегося на одну из самых

больших вершин Тянь-Шаня, заповедный пик Талгар? С высоты 3000 м в благоприятную погоду можно обозревать не только всю территорию заповедника, но и высокогорное озеро Иссык-Куль. Реки, берущие здесь свое начало, используются для полива садов и полей многочисленных колхозов и совхозов в долине. Климат предгорий Заилийского Ала-Тау приравнивается учеными к средиземноморскому. Горы заповедника таят в себе много неожиданностей: здесь обрушиваются грозные грязекаменные потоки (сели), снежные лавины, случаются грунтовые оползни. Достаточно вспомнить о вынужденной ликвидации прекрасного туристского лагеря «Альпийская роза», двух пионерских лагерей в ущельях рек Правый и Левый Талгар, катастрофу на озере Иссык. Все это происходит из-за бесхозяйственного в прошлом использования лесов заповедника, неумеренной пастьбы скота, которые и привели к изреживанию прирусловых древостоев.

В настоящее время одним из наиболее важных объектов охраны и изучения являются хвойные леса, занимающие центральное место в системе не только биогеоценозов Алма-Атинского заповедника, но и соседних с ним районов.

В последние годы, в связи с поисками наиболее рациональных и эффективных методов защиты леса от вредителей значительно возрос интерес к биологическому методу, предусматривающему активное использование всех полезных жиготных, сдерживающих массовое развитие вредных насекомых. Поэтому изучение видового состава, количественного соотношения видов, биологии и экологии наиболее распространенных здесь муравьев позволит выявить возможность и целесообразность использования наиболее эффективных из них для борьбы с вредителями леса.

Комплексная работа сотрудников заповедника направлена на исследование эколого-морфологических и эколого-физиологических свойств растений-эдикаторов<sup>1</sup> и животных в

заповеднике и их воздействие на среду. Полученные данные позволяют решить пока еще спорные или малоизученные вопросы классификации горной растительности, структуры основных фитоценозов, роли животного мира, а также влияния хозяйственного воздействия человека.

Заповедник пользуется большой популярностью у населения. Его посещают не только любители природы и ученые (среди них и зарубежные), но и экскурсии учащихся средних школ Алма-Аты и Талгара, в нем же проходят практику студенты Казахского государственного университета, Сельскохозяйственного института и др. Под руководством сотрудников заповедника студентами собран гербарий травянистых растений, коллекции мхов и грибов. Закончено строительство и сдан в эксплуатацию специальный корпус для музея, который пополняется все новыми экспонатами.

Научный совет заповедника состоит из квалифицированных работников, больше половины которых — кандидаты наук. Результаты своих исследований сотрудники заповедника публикуют в Трудях заповедников Казахстана и во многих других печатных органах республики.

<sup>1</sup> Основные растения, определяющие строение фитоценоза.

# Извержение Олдоньо Ленгаи

А. В. Горячев

Доктор геолого-минералогических наук

Институт физики Земли  
им. О. Ю. Шмидта  
(Москва)

## Экспедиции

Несколько лет назад крупнейший вулканолог Г. А. Макдональд обронил фразу, которая вскоре стала крылатой. Он сказал, что вулканы являются теми окнами, через которые человек может заглянуть в недостижимые глубины Земли. Заглянуть не непосредственно, конечно, а изучая излившиеся из вулканов лавы, их вещественный состав, условия их возникновения, а также выявляя глубины залегания магматических очагов. Используя эти данные, можно составить относительно верное представление о глубинных процессах.

В познании земных глубин особенно велика роль вулканов, расположенных в пределах гигантских зон растяжений и разломов земной коры, получивших название рифтов. Последние выражены в рельефе линейными, как бы корытообразными, осложненными по краям разломами, понижениями (грабенами), которые протягиваются на суше и в океанах на многие сотни и тысячи километров в длину.

Рифты с полным правом можно называть гигантскими щелями или проранами в теле Земли. Вулканы в них расположены гигантскими цепочками или изолированными группами. В некоторых рифтах вулканы активны до сих пор, в других — активность

их полностью угасла, но независимо от этого в большинстве рифтов вулканизм был практически непрерывным в течение последних 20—25 млн лет. Именно поэтому при изучении подобных своеобразных зон растяжений и разломов земной коры перед исследователями — геологами, геофизиками и геохимиками — открывается исключительная и единственная в своем роде возможность судить о глубинных процессах в их эволюции за этот относительно длительный отрезок геологической истории.

В последние годы ряд государств, в том числе Советский Союз, начали широкие систематические геолого-географические исследования рифтов. Эти исследования проводятся как на океанах (Индийском и Атлантическом), так и на суше (в Африке и в районе Байкала). Летом 1967 г. в Восточной Африке (в Танзании и Кении) под руководством чл.-корр. АН СССР В. В. Еелоусова работала группа советских геологов, изучавшая Восточно-Африканский рифт, или рифт Грегори, протягивающийся более чем на полторы тысячи километров между озерами Рудольф на севере и Маньяра и Эяси на юге. Экспедиции посчастливилось увидеть извержение одного из вулканов, расположенного в пределах рифта. Эти наблюдения, а также изучение пород вулкана позволят в дальнейшем более глубоко и правильно понять некоторые особенности рифта Грегори.

## Извержение, которого никто не ожидал

9 июля 1967 г., пробиваясь на двух мощных автомашинах «Лэнд Ровер» через заросли саванны, покрывающей дно южной части рифта Грегори, участники советской восточно-африканской экспедиции АН СССР подъехали к южному окончанию озера Натрон и здесь неожиданно стали свидетелями мощного пеплового извержения Олдоньо Ленгаи — одного из наиболее активных вулканов Северной Танзании.

Олдоньо Ленгаи, что в переводе с языка масаев означает «жилище богов», находится во внутренней части рифта, в 16 км к югу от озера. Вы-



Вулкан Олдоньо Ленгаи через два  
месяца после извержения

Саванна во впадине Энгарука; вдали  
вулкан Керимаси







Озеро Маньяра на дне рифта Грегори. Слева — западный уступ рифта высотой 300—400 м

Посередине. Слева: саванна в пределах рифта Грегори; на переднем плане — баобаб. Справа: вулкан Керимаси; вдали — вулкан Олдоньо Ленгаи



Вулкан Гелай. Справа на переднем плане — воронка взрыва, обрамленная валом из выброшенных пород

сота вулкана достигает 2878 м. Поднимается он примерно на 1600 м над дном рифта. Это типичный стратовулкан, то есть вулкан конической формы, сложенный чередующимися толщами рыхлого вулканического материала, потоками фанолитовых и нефелениновых лав. Вулкан не является самым высоким сооружением Северной Танзании, однако его белесый, покрытый пеплом, как саванном, конус резко выделяется из ряда залесенных, или поросших травой стратовулканов и кальдер этого района.

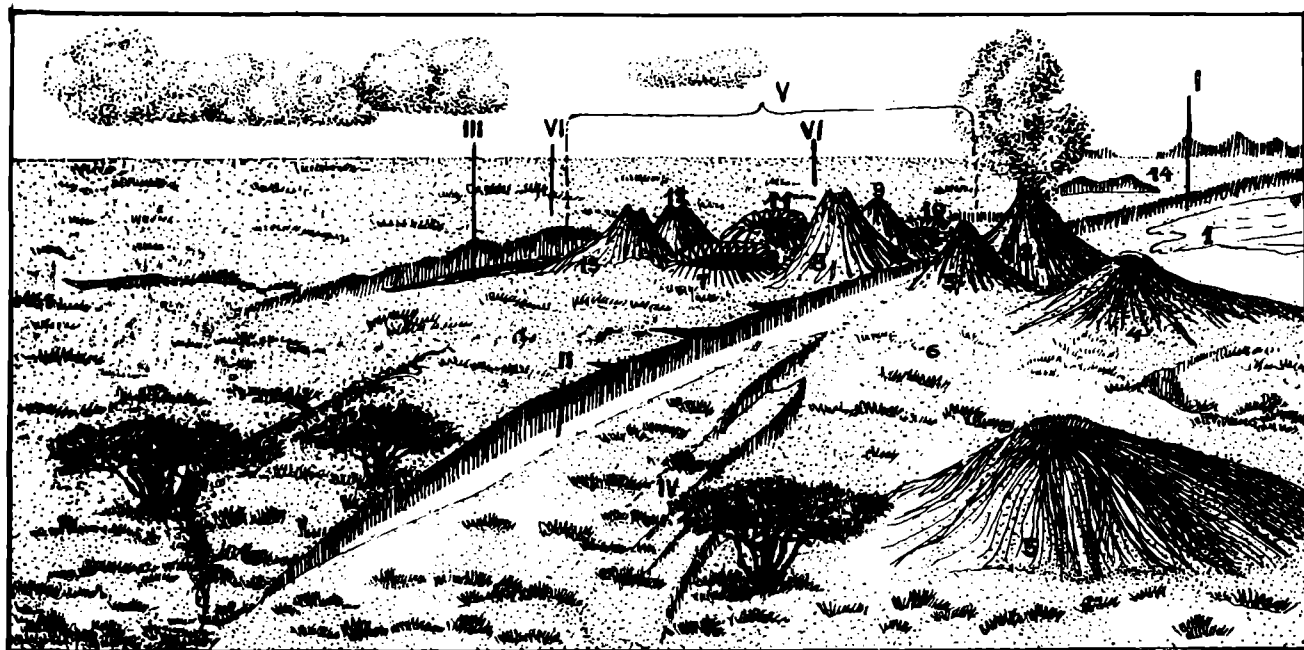
Извержение Олдоньо Ленгаи началось, по-видимому, 8 июля, но кульминации достигло к 14 часам следующего дня, когда мы находились примерно в 1,5—2 км от вулкана.

стро затянулись устойчивой сизой мглой. Слышался легкий гул, заглушаемый иногда резкими раскатами грома.

При относительно слабом ветре в сторону оз. Натрон сносился гигантский, застилающий солнце, черно-синий шлейф пепла и дыма, который распадался на большое число темных и более светлых полос, отвечающих зонам пеплопада разной силы. Пепел разносился на сотни километров вокруг. Возвратившись в лагерь, расположенный с наветренной стороны на северном берегу оз. Маньяра, в 70 км от вулкана, мы обнаружили пепел даже здесь; тончайшим слоем он покрывал крыши палаток. По словам масаев, рано утром 9 июля над кратером можно было видеть багровое зарево.

ряющегося уже в течение долгого времени примерно через каждые 6 лет. Была нарушена, следовательно, обычная цикличность извержения. Это настолько поразило масаев, привыкших к этой цикличности, что они, опасаясь «гнева богов», в суевежном ужасе покидали окрестности вулкана. Уходили отсюда также стада зебр и антилоп, которые не находили в саванне травы, не запыленного пеплом. Поэтому вся масса устремившихся от вулкана масайских караванов и диких животных придавала извержению Олдоньо Ленгаи особенно тревожно-зловещий оттенок.

Постепенно ослабевая, извержение продолжалось в июле и августе. Участники экспедиции наблюдали его также 4 сентября, когда посетили



Принципиальная схема рельефа района южного окончания рифта Грегори. I — основная ветвь рифта Грегори; II — ветвь впадин озер Маньяра и Балангиды; III — ветвь впадины озера Эяси; IV — ветвь разломов вулканов Бурко, Меру и Килиманджаро; V — вулканический щит Нгоронгоро-Эмбагаи; VI — плато Серенгети. 1 — озеро Натрон, 2 — вулкан Олдоньо Ленгаи, 3 — вулкан Керимаси, 4 — вулкан Гелаи, 5 — вулкан Кетумбейне, 6 — впадина Энгарука, 7 — кальдера Нгоронгоро, 8 — вулкан Олсиреа, 9 — вулкан Лоолмаласин, 10 — кальдера Эмбагаи, 11 — кальдера Олдоньо Олмоти, 12 — вулкан Лемагарут, 13 — вулкан Ольдеани, 14 — древний вулкан Мосоник

В это время огромный черный плюмаж пепла и дыма, озаряемый изнутри багровыми вспышками молний, поднялся над его кратером на высоту 7—9 км. Окрестности вулкана бы-

Пробуждение Олдоньо Ленгаи 8—9 июля в известной мере было явлением исключительным, поскольку произошло через 9 месяцев после его очередного извержения, повто-

район Олдоньо Ленгаи в третий и последний раз. В это время над северо-западной частью кратера еще клубился дым и выбрасывался тончайший пепел. По сведениям мест-

ной печати, извержение не прекратилось и в сентябре.

Попытки европейцев подняться на вулкан в период ослабления его деятельности были безрезультатными из-за мощного пеплового слоя, мешавшего восхождению. Поэтому многие детали извержения остались не выясненными. Известно лишь, что вулкан выбрасывал карбонатитовый пепел.

Извержение одного из восточноафриканских вулканов не стоило бы специального рассмотрения, если бы оно не касалось Олдоньо Ленгаи.

Два обстоятельства давно привлекают к этому вулкану пристальное внимание. Прежде всего, он является единственным действующим вулканом не только Африки, но и всего мира, в пределах которого развиты

тонических условий и других молодых вулканических сооружений рифтовой зоны.

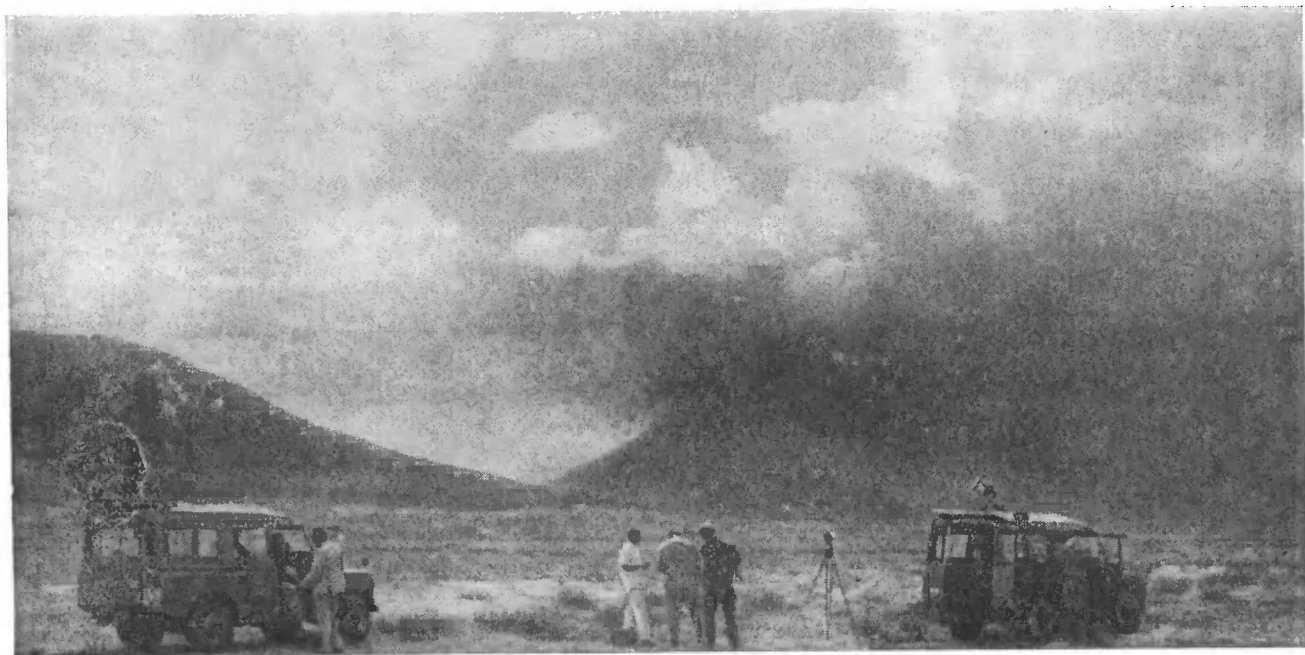
## Карбонатиты — необычный для вулканов тип пород

Карбонатиты Олдоньо Ленгаи обнажаются в его прикратерной части. По минералогическому составу они аналогичны известнякам и мраморам осадочного происхождения, но, в отличие от них, по внешним признакам сходны с изверженными породами.

Подобные породы, встречающиеся на ряде континентов, в том числе в некоторых районах Восточной Африки, чаще всего среди неоген-четвертичных трахитов, базальтов и нефелинитов, выполняющих Восточно-Африканские рифты, настолько необычны, что еще совсем недавно ставили ге-

тожных количествах и что в районах карбонатитовых месторождений Восточной Африки (как в рифтах, так и вне их) не существует известняков и доломитов, за счет переработки или ассимиляции которых кальций в таком объеме мог бы быть получен.

Полностью этот вопрос не решен и до сих пор, но в последние годы он получил дополнительное и, по-видимому, наиболее правдоподобное освещение. Все большее признание получает точка зрения, согласно которой кальций накапливался в процессе сложных глубинных преобразований магмы, и в этом случае необычайно соседство известняков и доломитов<sup>1</sup>. Карбонатиты возникали в результате замещения  $\text{CaCO}_3$  содержащимся в растворах и паросмесях вулканов боковых пород, а также путем заполнения пустот и трещин, т. е. в результате того про-



Извержение Олдоньо Ленгаи 9 июля 1967 г.

молодые своеобразные породы, получившие название карбонатитов, а также потоки соды. Во-вторых, положение Олдоньо Ленгаи в общей структуре современной Танзании настолько характерно, что может служить прекрасной иллюстрацией тек-

ологов перед рядом, на первый взгляд, почти неразрешимых загадок. Одна из них, в частности, заключалась в том, где искать источник поступления в карбонатиты кальция, если известно, что в изверженных породах кальций содержится в нич-

цесса, который в геологии получил название метасоматоза. В тех месторождениях Восточной Африки, в ко-

<sup>1</sup> Л. К. Пожарицкая, Е. М. Элштейн. О проблеме генезиса карбонатитов. Сб. «Геология месторождений редких элементов». Госгеолтехиздат, вып. 17, 1962.

торых карбонатиты имеют облик лав, подобное их состояние объясняется расплавлением метасоматических карбонатитов при последующих извержениях вулканов. В это же время и в сходных условиях формировались лавовые потоки соды. Однако по-прежнему остается загадочным вопрос об источниках поступления в карбонатсодержащие породы их основного компонента — углерода, который, как предполагают некоторые исследователи, выносится из огромных глубин, из мантии Земли.

Но проблема карбонатитов — это не только проблема природы и условий накопления кальция и углерода, но и проблема ассоциирующих с карбонатитами тантала, ниобия и ряда минералов, содержащих редкие земли, которые делают эти породы особенно ценным минеральным сырьем. Естественно поэтому, что для молодых развивающихся стран Восточной Африки — Танзании и Кении — вопрос об этих уникальных породах имеет не только научный, но и первоочередной практический интерес.

## Почему Олдоньо Ленгаи находится в этом, а не в другом районе рифта?

Помимо Олдоньо Ленгаи на африканском континенте находится еще несколько крупных действующих вулканов. Главные среди них — Теллеки, Ниямлагира, Нирагонга, Меру, «спящий» Килиманджаро.

Возникает естественный вопрос: существует ли какая-нибудь закономерность в их местонахождении? Почему, в частности, масайские боги «выбрали» себе жилище в данном, а не другом районе рифта Грегори, почему Олдоньо Ленгаи находится именно здесь?

Ответы на подобные вопросы следует, естественно, искать в общей структурной обстановке районов вулканов.

Если рассматривать обстановку района Олдоньо Ленгаи, то прежде все-

го следует отметить, что этот вулкан находится в пределах южного окончания рифта Грегори. Далее необходимо обратить внимание на то, что южное окончание рифта занимает южный склон гигантского восточноафриканского сводового поднятия, сложенного древними, докембрийскими кристаллическими породами (гнейсами и кристаллическими сланцами). В процессе роста свода в нем возникли огромные растягивающие напряжения, которые при достижении предела прочности пород вызвали его растрескивание. По краю свода возникла система достаточно обычных в подобных случаях расходящихся от одной точки в стороны гигантских расколов.

Именно поэтому основная часть рифта Грегори, простирающаяся по продольной оси свода, на юге расщепилась на несколько побочных ветвей, имеющих вид слабо раскрытого веера. Образно говоря, расколы в пределах свода приобрели тот рисунок, который нередко наблюдается на поверхности растрескавшегося карава хлеба. К основанию веера, как области максимального растяжения земной коры, и приурочен вулкан Олдоньо Ленгаи.

Явление растрескивания состояло, естественно, из ряда последовательных этапов. На начальном этапе, когда расколы еще не раскрылись вследствие излияния лав из вулканов, занимающих основание веера, возникло огромное вулканическое нагорье, названное по его крупнейшим вулканическим центрам нагорьем или щитом Нгоронгоро-Эмбагаи (оно господствует как над самим рифтом Грегори, так и над плато Серенгети). На втором этапе конусы некоторых вулканов «просели» в пустоты, образовавшиеся после излияния лав; в результате возникли огромные кратеры обрушения или кальдеры Нгоронгоро-Эмбагаи и Олдоньо Олмоти. Диаметр первой кальдеры достигает 20 км (ее дно занимает одноименный национальный парк Танзании, где африканская природа и животный мир сохранены в нетронутом человеком виде). Диаметр кальдеры Эмбагаи 7 км. Поперечник кальдеры Олдоньо

Олмоти составляет 5 км. На самом последнем этапе, когда расколы расширились, на дне рифта сформировался вулкан Олдоньо Ленгаи.

Все эти события относятся к самому последнему неоген-четвертичному отрезку истории Земли. Их начало отдалено от нас на 20—25 млн лет. Но подобные явления, приводящие к изменению рельефа Восточной Африки, не прекращаются до настоящего времени.

Во многих районах Танзании и Кении можно наблюдать современные подвижки по разломам рифта Грегори, сопровождающиеся деформацией молодых осадков, возраст которых исчисляется сотнями и тысячами лет.

Более ранние движения, которые геологическими методами выявляются проще и быстрее, встречаются на каждом шагу. Так, по главному западному разлому рифта Грегори, выраженный в рельефе уступом высотой 400—500 м (он отделяет вулкан Олдоньо Ленгаи от вулканического щита Нгоронгоро-Эмбагаи), подвижки по разломам в северной части оз. Натрон привели к тому, что плиоценовый вулкан Олдоньо Самбу, сформировавшийся примерно 1,5—2 млн лет назад (то есть в геологическом смысле совсем недавно), был рассечен разломом на две части. При этом под вершиной вулкана, в стенке высотой 1400 м, обнажается одна его половина, в то время как другая погребена под молодыми осадками и водами оз. Натрон. Следовательно, размах движений за относительно небольшой интервал времени достиг в этом районе не менее 1,5 км.

В вулканическом щите Нгоронгоро-Эмбагаи подвижки по разломам фиксируются по ряду молодых уступов высотой 10—15 м, а на юго-западном продолжении последних — по смещению предмиоценового выравненного рельефа и по деформации современных осадков оз. Эяси, возраст которых не превышает тысячи, а в ряде случаев и первых сотен лет. Подвижки самого недавнего времени устанавливаются также по разломам района вулканов Бурко и Меру.

## Что может дать изучение молодых изверженных пород рифтовых зон?

Судя по литературным данным, извержения Олдоньо Ленгаи всегда производили на очевидцев сильное впечатление, независимо от того, были ли они до этого свидетелями извержений других вулканов или нет.

Событие 8—9 июля 1967 г. не являлось в этом смысле исключением, хотя, как можно предполагать, оно и не было самым значительным в ряду других извержений Олдоньо Ленгаи. Многочисленные воронки взрывов диаметром до 1—2 км, разбросанные по склонам и у подножия этого вулкана, а также вулканов Керимаси и Гелаи, свидетельствуют, что в историческое время подобные извержения были, возможно, более значительными. Они сопровождались колоссальными взрывами — выбросами таких газов, как  $\text{CO}_2$ , а также паров воды. Воронки — результат этих взрывов. В сочетании с гигантскими кальдерами они поражают воображение не только туристов, но и специалистов-геологов. Воронки придают вулканическому нагорью Нгоронгоро-Эмбагаи поразительный по своим масштабам и красочности «лунный» ландшафт. Нередко путешественник или охотник после утомительного преодоления на автомашине зарослей саванны наконец вырывается на относительно открытый ее участок, увеличивает скорость автомашины и... неожиданно, пораженный увиденным, останавливается у края подобной воронки, необрамленной даже небольшим валом из выброшенных пород.

В целом морфология вулкана Олдоньо Ленгаи и смежных территорий, его положение среди других геологических структур Северной Танзании, состав его пород, а также особенности извержений свидетельствуют, что он представляет собой исключительно интересный природный объект.

Изучение подобных вулканов — и в первую очередь условий формирования и глубины залегания их магматических очагов, связей подобных

вулканов с глубинными разломами — в сочетании с другими данными геологии и геофизики может дать много нового как для познания процессов, протекающих на глубине под рифтами, так и для понимания закономерностей самого рифтообразования.

Особый интерес в связи с этим приобретает изучение природы и условий привноса в верхние части коры рифтовых зон углерода, который, как отмечалось, поступает, возможно, из мантии Земли. Этот привнос возможен, несомненно, лишь при условии существования глубинных разломов, проникающих до подкорковых слоев. Если бы подобное предположение оказалось справедливым, то было бы получено еще одно доказательство теснейшей связи рифтообразования с процессами в верхней мантии.

Изучение роли углерода в формировании специфических карбонато-натриевых пород и вод рифтовых зон важно также для объяснений такой удивительной физико-географической загадки Восточной Африки, как связь с рифтом Грегори огромных содовых озер: Рудольф, Баринго, Накуру, Магади, Натрон, Эяси, Маньяра и других, гигантской цепочкой простирающихся по основной и боковым ветвям рифта и нигде за его пределами в таких масштабах не встречающихся.

Существование подобного природного феномена, его теснейшая связь с рифтом сейчас может быть удовлетворительно объяснена лишь с тех же позиций существования в пределах рифтов зон разломов, в той или иной форме проникающих до мантии. Именно по этим разломам в верхней части коры поступают углерод и натрий, которые при отсутствии стока из озер, а также огромного испарения в конечном результате привели к высокой минерализации вод рифта Грегори и тем самым — к формированию в его пределах содовых озер.

В целом, как можно видеть, проблемы вулканов Олдоньо Ленгаи являются лишь частью более сложных и более общих проблем рифтовых зон, решение которых может приблизить геологов как к пониманию того, что

делается на поверхности, так и к познанию процессов, происходящих у нас под ногами, на глубине десятков и сотен километров. Мощное пепловое извержение Олдоньо Ленгаи 8—9 июля 1967 г. — еще одно, в значительной мере неожиданное напоминание о том, что подобные процессы, сопровождающие рифтообразование, не утихли в наши дни и требуют изучения. И если мы вновь обратимся к удивительно верным и образным словам Г. А. Макдональда о том, что вулканы — это окна, через которые можно заглянуть в глубины Земли, то вулкан Олдоньо Ленгаи — бесспорно одно из наиболее широко распахнутых окон. Нужно лишь время и желание заглянуть в него.

# Доколумбовы контакты с Америкой

Тур Хейердал

## Дискуссии

Бесспорно, что главный толчок широкому распространению изоляционистских взглядов среди исследователей американской древности дал материал, появившийся в связи с возникновением этноботаники (раздел ботаники, занимающийся изменениями флоры, выведением и распространением растений в результате деятельности человека.— Ред.). Здесь нужно прежде всего назвать двух видных ботаников: швейцарского ученого Альфонса Декандоля и его последователя, американца Элмера Меррилла.

«В истории культурных растений,— пишет Декандоль,— я не нашел ни одного указания на связи между народами Старого и Нового Света до открытия Америки Колумбом»<sup>1</sup>. Эти слова оказались решающим аргументом в дискуссии между современниками Декандоля — этнографами и специалистами по древней истории. Если между доколумбовой Америкой и Старым Светом были регулярные связи, почему ни одна из зерновых культур Старого Света не проникла в древнюю Мексику или Перу? И почему остальные континенты не знали американской кукурузы?

Верный последователь Декандоля Меррилл, основавший свои взгляды на его учении, воспринял и развил те-

зис о том, что до норманнов и Колумба не было никаких контактов между Старым и Новым Светом. Убежденность и энергичная борьба Меррилла за эти взгляды сделали его одним из ведущих поборников новой гипотезы, согласно которой великие океаны, омывающие тропическую и умеренную зоны Нового Света, были неодолимым барьером для первобытного мореходства. Однако Меррилл пошел еще дальше своего учителя. Если швейцарский ученый ограничился выводом, что наличный ботанический материал не подтверждает контактов между Старым Светом и аборигенной Америкой, то, по словам Меррилла, негативные свидетельства ботаников доказывали, что таких контактов и не могло быть. Еще в 1937 г. Меррилл писал: «Так как земледелие в Америке было автохтонным (возникшим на месте.— Ред.), мы вправе предположить, что автохтонными были и культуры, на которых оно основывалось»<sup>1</sup>. А так как Меррилл был видным ботаником, к тому же одним из немногих пионеров этноботаники, чьи выводы непосредственно влияли на вопрос об этнических передвижениях, его категорическое, вновь и вновь повторяемое утверждение не могло не повлиять на современных ему этнографов; тем более, что они сами заметили отсутствие в культуре Нового Света таких важных изобретений Старого Света, как гончарный круг и колесо.

Однако со временем выводы Меррилла были подвергнуты сомнению ботаниками и специалистами по географии растений, которые придерживались других взглядов. Наиболее видные среди них — Кук, Зауэр, Картер, Хатчинсон, Силоу, Стефенс, Стонор и Андерсон. Все они представляли исторические или генетические свидетельства того, что первобытный человек переносил культурные растения через тропические океаны, окружающие Новый Свет. Успехи современной археологии дали важную ботаническую информацию, которой не было во времена Декандоля, и Мерриллу становилось все труднее отстаивать свои категорические взгляды, за которые он так цепко дер-

<sup>1</sup> Декандоль. Происхождение культурных растений, 1884.

<sup>1</sup> E. D. Merrill. Domesticated plants in relation to the diffusion of culture «Early man». Philadelphia, 1937, p. 282.



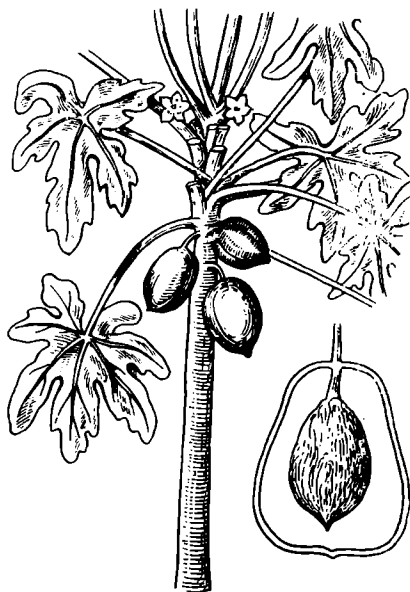
жался еще в двадцатых и тридцатых годах.

Сила и убедительность суждений Меррилла покоились на тезисе о полном и безусловном отсутствии общих для двух полушарий культурных растений. Это негативное доказательство было хотя и не окончательным, но достаточно веским аргументом против трансокеанских плаваний. Зато стоило найти хотя бы одно растение, представляющее собой исключение из этого правила, как рухнула бы вся аргументация Меррилла. Поэтому ему надо было следить за тем, чтобы «его бочка нигде не протекала»: потеря хотя бы одной клепки делала всю бочку непригодной.

## Батат

В 1946 г. Меррилл собственноручно выломал первую клепку из своей «водонепроницаемой» бочки. Изучение географии растений и таксономии (раздел природоведения, занимающийся принципами классификации.—Ред.), а также знакомство с историческими исследованиями, проведенными его соотечественником, знаменитым этнологом Диксоном и другими, заставили Меррилла признать, что аборигенные мореплаватели во всяком случае пересекли океан между Новым Светом и Полинезией. Он писал: «они везли в Полинезию одно важное пищевое растение американского происхождения, батат, и распространили его от Гавайских островов до Новой Зеландии... задолго до появления европейцев в Тихом океане»<sup>1</sup>.

Дальнейшее изучение происхождения и распространения американского батата, а также практический показ в 1947 г. мореходных качеств южноамериканского бальсового плоту<sup>2</sup> вынудили в конце концов Меррилла в корне пересмотреть свой взгляд, и в 1954 г. он написал: «Было бы глупо утверждать, что до Магеллана не было никаких сообщений через Тихий океан». Теперь он уже заявлял, что самый факт возделывания американского батата по всей Полинезии до первого плавания Кука есть позитив-



Папайя, или дынное дерево. Цветущее и плодоносящее дерево (слева), продольный разрез плода (справа)

ное свидетельство доевропейских контактов. Он подчеркивал также, что требовался тщательный уход за бататом, чтобы успешно его перевезти, и что мореплаватели должны были взять с собой из Америки живое растение, вместе с землей, ибо никакой клубень не сохранил бы всхожесть больше одного-полтора месяцев, находясь во влажной атмосфере. Ведь плуту «Кон-Тики» понадобилось больше трех месяцев, чтобы пересечь океан.

## Кокосовый орех

Тем временем, в новом освещении предстал также вопрос о доевропейском распространении кокосового ореха. Сам Декандоль был неуверен, откуда он произошел и как распространялся. Многочисленные виды подсемейства *Coscinidae*, к которому принадлежит кокосовый орех, типичны для тропической Америки, но ни одного из них нет в Азии. Только многосторонне используемую культурную форму *Cocos nucifera* (т.е. кокосовую пальму) можно проследить, начиная с аборигенных поселений Мезоамерики, через весь Тихий оке-

ан до Индонезии и приморья Азии. Таким образом, ботанические свидетельства склонили Декандоля к тому, чтобы считать тропическую Америку подлинной родиной этой пальмы. Позднее он пересмотрел свой взгляд: «Обитатели азиатских островов были куда более отважными мореходами, чем американские индейцы. Очень может быть, что лодки с азиатских островов, на борту которых в качестве провианта были кокосовые орехи, по воле шторма или из-за неверного маневра попали на западное побережье Америки или острова на пути к Америке. Обратное в высшей степени невероятно. Однако другие авторы отмечали тот факт, что не говоря уже про отсутствие близких родов в Старом Свете, было бы очень странно, если бы кокосовая пальма распространилась с мореплавателями из Индонезии в Полинезию и Америку и там бы не узнали, что из нее можно приготовить алкогольные напитки. Ведь в Индонезии с давних времен одно из главных применений кокосовой пальмы заключалось в том, что ее сок собирали для приготовления пальмового вина. В Полинезии и Америке этот способ до прихода европейцев был неизвестен.

В начале нашего столетия многие ботаники, в частности англичанин Геппи, считали возможным естественное проникновение кокосового ореха через Тихий океан: экваториальные течения могли занести этот плавающий плод из Нового Света в Азию. К 1941 г. на Гавайских островах были проведены опыты с плавающими кокосовыми орехами. Они опровергали старое представление о том, будто кокосовый орех может пройти любое расстояние в океане и прорасти, когда его вынесет на берег. Было установлено, что глазки плывущего в море ореха заражаются гнилостными бактериями, поэтому при долгом плавании от Нового Света до Полинезии утрачивают свою всхожесть. К тому времени тщательные исследования многих ученых позволили открыть документальные свидетельства того, что кокосовый орех уже произрастал в Мезоамерике ко времени прибытия Колумба и первых испанцев. Винер, а также немецкие ботаники Андре и Хармс установили также, что кокосовый орех входит в число одиннадцати

<sup>1</sup> E. D. Merrill. *Merrilliana: a selection from the General Writings of Elmer Drew Merrill*. «Chronica Botanica», vol. X, 1946, N 3—4, p. 344.

<sup>2</sup> E. D. Merrill. *The botany of Cook's voyages*. «Chronica Botanica», vol. XIV, 1954, N 5—6, p. 213.



аборигенных растений, изображенных на древнеперуанских сосудах. Пришлось Меррилли поневоле расстаться со второй клепкой.

## Бутылочная тыква

Не успел Меррилл заявить, что он вынужден пересмотреть свои ранее опубликованные взгляды по вопросу о перевозке человеком батата и кокосового ореха между доколумбовой Америкой и Полинезией, как его бочка лишилась еще одной клепки: на этот раз это была бутылочная тыква. В противоположность Линнею, Декандоль, а за ним и Меррилл полагали, что до Колумба коренное население Америки совсем не знало тыквы. Но вот археологи стали находить в древних могилах Перу и Чили тыквенные семена и изделия из высушенных бутылочных тыкв. В 1931 г. Норденшельд указал на большое сходство таких изделий Океании и доиспанской Южной Америки и назвал бутылочную тыкву «главным доказательством доколумбовых связей между Океанией и Америкой».

Затем сэр Питер Бак (он же Те Ранги Хирва, сын ирландца и полинезийки, прославившийся блестящими этнографическими исследованиями; занимал должность директора музея Бишоп в Гонолулу, умер в 1950 г.) в 1945 г. сослался на бутылочную тыкву как на доказательство того, что полинезийские мореходы во время своих дальних плаваний в начале нынешнего тысячелетия несомненно достигали Южной Америки. Он писал: «Поскольку у индейцев Южной Америки не было ни судов, ни мореходных навыков, необходимых, чтобы пересечь просторы океана, отделяющие их берега от ближайших полинезийских островов, их никак нельзя считать переносчиками»<sup>1</sup>.

Однако и это предположение было поколеблено постепенно накапливавшимися свидетельствами. Одновременно с экспедицией «Кон-Тики», доказавшей возможность плаваний на плотках из Перу, американский археолог Джуниус Бёрд раскопал на перуанском побережье жилой холм «Уакá Приета» и обнаружил, что пред-



Ямс. Цветущая ветвь (слева); цветки (посередине); плоды (справа)

ставители одной южноамериканской рыбацкой культуры выращивали и использовали для изготовления утвари бутылочную тыкву больше 3 тыс. лет назад, т. е. задолго до того, как полинезийцы достигли своей нынешней области обитания и могли доплыть до Нового Света. Следовательно, хронология показывает, что тыква появилась в Перу раньше, чем в Полинезии. Но тогда она должна была прибыть из Перу в Полинезию, а не наоборот. В 1954 г. Меррилл предложил считать родиной бутылочной тыквы Африку, откуда она, очевидно, через Атлантический океан попала к аборигенам Америки. Одновременно он заявил, что своему распространению в Америке и Полинезии тыква также обязана человеку.

## Банан

Отстаивать изоляционизм, продолжая цепляться за оставшиеся от бочки обломки, было бы нелепо. Под напором все более убедительных свидетельств Меррилл уступает и признает, что банан тихоокеанских островов не был ввезен в Перу и Бразилию португальцами, как он полагал ранее, а

возделывался там еще до Колумба. Английский путешественник Стивенсон, а также немецкие ботаники Витмак и Хармс заметили, что листья банана многократно обнаруживались в древнеперуанских могилах, а французский этноботаник Рошбрюн нашел плод культурного (пищевое) банана в древней могиле в Анконе на побережье Центрального Перу. Составители древних хроник Гарсилассо де ла Вега, патер Акоста, патер Монтесинос и Гауман Пома, пытавшиеся провести грань между аборигенными и привозными культурами, единодушно утверждали, что банан разводили в Перу до Конкисты (т. е. до завоевания страны испанцами). Меррилл то ли не знал об этой информации, то ли пренебрег ею, но ему были известны другие документальные свидетельства, говорящие о том, что первые европейцы, проникшие во внутренние области Южной Америки, нашли там обширные банановые плантации. Так, испанский путешественник Орельяно, спустившись в Андские леса, чтобы первым из европейцев в 1540—1541 гг. пересечь Южную Америку, обнаружил банан повсеместно в верховьях Амазонки. По теории самого Меррилла, банан в лучшем случае мог попасть на остров Сан-Доминго в Вест-Индии только 24-мя годами раньше. Столь обширное и стремительное географическое распространение банана среди аборигенов, которые до тех пор его не знали, не могло не показаться чудом даже самому закоренелому изоляционисту. И после уступок в вопросе о контактах между аборигенами Южной Америки и Полинезии Меррилл отказался от теории, по которой культуру банана в Перу и Бразилию ввели португальцы. В 1954 г. он писал: «С полным основанием можно признать, что одна или несколько из многочисленных полинезийских разновидностей банана были доставлены самими полинезийцами в Южную Америку, потому что почки легко перевозить на большие расстояния, и они даже при минимальном уходе сохраняют всхожесть. Возможно, одна из разновидностей, попавших в приморье Перу, пересекла Анды и достигла верховий Амазонки»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> P. H. Buck. An Introduction to Polynesian anthropology. «B. P. Bishop Mus. Bulletin N 187», Honolulu, 1945.

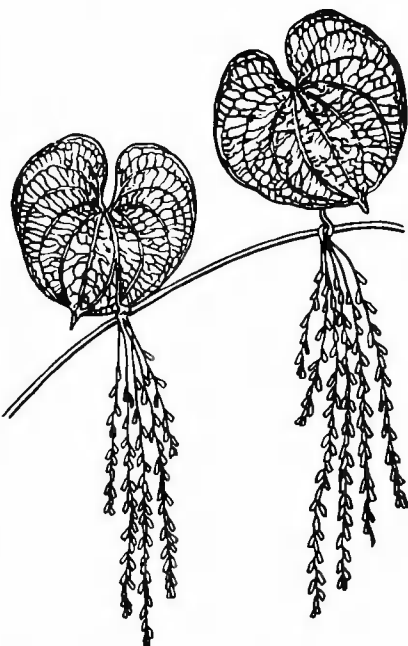
<sup>1</sup> E. D. Merrill. The botany of Cook's voyages, p. 278.

## Хлопчатник

Примерно в это же время в орбиту дискуссии было вовлечено еще одно полинезийское растение. Когда европейцы впервые пришли на Маркизские острова, острова Общества, Гавайский архипелаг и подверженные полинезийскому влиянию острова Фиджи, они нашли там дикорастущий хлопчатник. Много лет это растение оставалось вне поля зрения этноботаников; ведь полинезийцы поры европейских открытий, как и другие народы по обе стороны Тихого океана, не знали ткачества, материю для своей скудной одежды они изготовляли, отбивая колотушками луб.

В 1947 г. три специалиста по хлопчатнику — Хатчинсон, Силоу и Стефенс — опубликовали генетическое исследование диких и культурных видов хлопчатника со всего мира. Они нашли, к своему удивлению, что полинезийский хлопчатник принадлежит к 52-хромосомным культурным видам Америки, которые были выведены в Мексике и Перу индейскими селекционерами. Везде дикie виды хлопчатника насчитывают 26 хромосом, и столько же хромосом у всех культурных видов Азии и Африки. В Америке (а также на Гавайских островах) имеются виды хлопчатника с 52 хромосомами. В Америке был выведен сорт с 52 хромосомами, известный под названием перуанского, или «египетского». Таким образом, по чисто ботаническим соображениям три названных ботаника вынуждены были предположить, что «египетский» хлопчатник достиг Полинезии «после того, как его начали культивировать аборигены тропической Америки»<sup>1</sup>.

Американский специалист по географии растений Зауэр показал в 1950 г., что сравнительно позднее (но до прихода европейцев) распространение культурного хлопчатника из Америки в Полинезию нельзя приписать ни птицам, которые не едят семян хлопчатника, ни океанским течениям, ведь это растение отнюдь не приспособлено для столь дальних плаваний. Во-



Таро — разновидность ямса

лей-неволей приходится допустить посредничество человека в географическом распространении рода *Gossypium*.

Перед лицом растущего числа свидетельств прямого американо-полинезийского контакта в доколумбову пору Меррилл отказывается от своей прежней точки зрения и признает: «Приходится согласиться, что время от времени происходили случайные контакты между народами Полинезии и Америки, были даже отдельные контакты между американскими индейцами и островами Восточной Полинезии...» Он больше не считает полинезийцев единственными мореходами Тихого океана, а говорит: «Мы должны признать, что аборигены Южной Америки могли достичь некоторых тихоокеанских островов на балсовых плотах»<sup>1</sup>.

Это признание Меррилла в его последней предсмертной публикации явилось вехой в американской и полинезийской этноботанике. Никто не отставил доктрину полной изоляции Америки до Колумба с такой страстной убежденностью, как он.

## Растения острова Пасхи

Сплошной географический ареал, который можно назвать областью батата, объединяет Южную Панаму, Колумбию, Эквадор, Перу, Полинезию и подверженную полинезийскому влиянию Меланезию. Убедительные свидетельства взаимосвязей в пределах этой области продолжают накапливаться. Мы узнаем про все новые американские виды, которые культивировались полинезийскими аборигенами и были найдены в Полинезии первыми европейскими исследователями.

Один из островов, ставший ныне ареной поисков американских растений, — о-в Пасха; его можно назвать связующим звеном между остальной Полинезией и Новым Светом. Когда на этот уединенный остров посреди океана прибыли европейцы, они обнаружили немало американских растений: большие площади были заняты многочисленными разновидностями батата, служащего основной пищей островитян; высушенные тыквы были единственными сосудами для воды; в числе даров, которыми встречали европейцев, был чилийский перец (*Capsicum*) — американское растение, пока не обнаруженное на островах, лежащих дальше на запад.

Ко времени прибытия европейцев дикая (или предположительно дикая) флора Пасхи была чрезвычайно бедна. В 1934 г. шведский ботаник Скоттсберг, изучая местную дикую флору, насчитал 31 цветковое растение; из них 13 широко распространенных в тропиках. Эти тринадцать видов, в том числе папоротники и мхи, могли попасть на остров с любой стороны естественным путем. Но остальные виды имели ограниченную географическую область распространения либо к востоку, либо к западу от острова, и были среди них такие, которые без помощи человека не смогли бы попасть на океанический остров. Только семь из них играли непосредственную роль для экономики пасхальцев; из этих семи полезных, но, видимо, одичавших растений пять вышли из Южной Америки и два из Полинезии. Пять южноамериканских

<sup>1</sup> J. B. Hutchinson, R. A. Silow, S. G. Stephens. The evolution of *Gossypium* and the differentiation of the cultivated cottons, London, 1947, p. 79.

<sup>1</sup> E. D. Merrill. The botany of Cook's voyages, pp. 190—242.

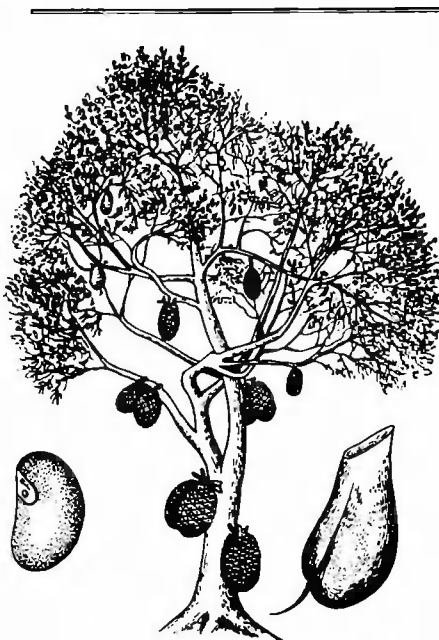
видов это — камыш тотора (главный строительный материал пасхальцев и сырье для плетеных изделий), дерево торомиро (единственное на острове дикорастущее дерево, его древесина идет на резные изделия), *Lycium sagolimanum* (единственный на острове дикорастущий кустарник, ягоды которого съедобны), *Cyperus vegetus* (съедобные корни) и *Polygonum acuminatum* (пресноводное растение, используемое как лекарственное в Перу и на о-ве Пасхи).

После того как было доказано, что Полинезия была достижима для древнеперуанских судов, Скоттсберг (в 1956 и 1957 гг.) вернулся к этой проблеме. Он еще раз изучил пасхальский камыш тотора и установил его тождественность камышу *Scirpus riparius*, который произрастает в андских озерах и который аборигены разводили на тихоокеанском побережье Перу для тех же целей, что и пасхальцы. Ученый отверг возможность непосредственного прибытия камыша через океан без помощи человека, а мысль о сухопутном мосте назвал несерьезной. Впоследствии археологическая датировка материала захоронений подтвердила, что камыш тотора был привезен на Пасху до появления здесь европейцев.

## Ананас, перуанская вишня и Argemone

В монографии, посвященной роду *Ananas*, ботаник Бертони в 1919 г. предположил, что американский ананас, видимо, распространился в тихоокеанской области в доколумбовы времена. А ботаник Дегенер нашел в 1930 г., что гавайцы разводили менее ценную, полудикую разновидность ананаса задолго до того, как его, согласно письменным источникам, ввели европейцы.

Перуанская вишня *Physalis peruviana* прежде была широко распространена в восточной Полинезии. На о-ве Пасхи и Маркизском архипелаге она почти исчезла, но кое-где на месте старых поселений ее еще можно найти в дикорастущем виде, например, на восточном побережье Фату-Хивы. В 1888 г. ботаник Хиллебранд описал этот вид, охарактеризовав его как



Хлебное дерево *Artocarpus integrifolia* L. Плодоносящее дерево (посередине); семя (слева), плод (справа)

«важный американский элемент из Андской области в гавайской флоре».

Перуанская вишня — съедобное растение, родственное американскому томату.

Что касается чисто американского рода *Argemone*, то в 1935 г. исследователи Яковлев и Эррера выяснили, что он применялся в древнем Перу в силу своих наркотических свойств. А Картер писал в 1950 г.: «Судя по *Argemone*, можно предположить, что обмен знаниями из области пищевых растений переходил также на область медицины и сопряженных с нею магических действий и ритуалов». И еще: «Все это позволяет предположить, что речь идет не о сорняке, а о растении с определенным применением в рамках данной культуры. Тот факт, что растение пришло сюда вместе с рецептами его специфического применения, указывает, что оно, скорее всего, было доставлено намеренно, а не случайно»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> G. F. Carter. Plant evidence for early contacts with America. «Southwestern journal of anthropology», vol. VI, 1950, p. 172.

## Папайя и геликония

Папайя (дынное дерево) — тропическое плодовое дерево из Нового Света. В своем труде о флоре Маркизского архипелага Браун (1935) писал, что на Маркизских островах произрастают по меньшей мере две разновидности папайи.

Различный ботанический материал побудил Брауна в том же исследовании заключить, что между аборигенами американского континента и Маркизских островов несомненно происходило какое-то общение.

Геликония (*Heliconia bihai*) — еще одно чисто американское растение, которое некогда применялось в хозяйстве и проникло в глубь островной области. От Вест-Индии до Южной Америки коренные жители употребляли в пищу его богатые крахмалом клубни, а листья шли на кровлю, стены, из них делали шляпы, циновки, корзины. Английский ботаник Бейкер первым показал в 1893 г., что родина этого растения — тропическая Америка, а затем к его мнению присоединились ботаники Кук и Шуманн.

## Ямсовые бобы, ямс, гибискус

Нечто сходное произошло и с американскими ямсовыми бобами *Pachyrhizus*. В 1944 г. ботаник Клаусен указывал, что родина *Pachyrhizus tuberosus*, видимо, верховья Амазонки и ее притоков в Бразилии, Перу, Эквадоре и Боливии. Кук первым среди ботаников пришел к мысли, что только плаваниями аборигенов можно объяснить, как съедобные клубни этого выходящего бобового растения попали на острова Западной Океании.

Собственно ямс *Dioscorea* sp. получил в доколумбово время подлинно транстихоокеанское распространение, съедобные сорта разводили от древней Америки до Индонезии. Как показал в 1950 г. Картер вместе со своими коллегами Грэм и Трэмбллом, когда испанцы впервые пришли в область карибов, они застали там

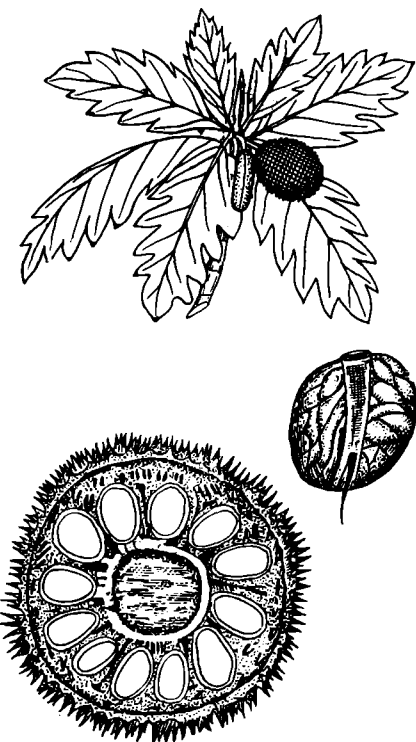
не меньше трех клубневых культур — батат, ямс и маниок. Джейкмен (на Международном конгрессе американистов в 1949 г.) отнес ямс к группе избранных растений, которые, вероятно, перекочевали из аборигеновой Америки в Полинезию, и добавил: «Большинство этих растений не попало на острова случайно с течениями, их сознательно доставили туда переселенцы из древней Америки, это видно из того, что лишь немногие из них... могли бы пересечь океан без помощи человека».

В отличие от названных раньше гибискус (*Hibiscus tiliaceus*) — транстихоокеанское растение, способное расселиться через Мировой океан без посредничества человека.

В 1950 г. Картер рассмотрел взаимно противоречащие теории двух ботаников — Кука и Меррилла — по этому вопросу и решил, что независимо от того, пересекло ли растение океан естественным путем или нет, человек во всяком случае перенес через этот самый океан его название и, очевидно, способы применения.

### Фасоль обыкновенная, лимская и канавалия

Предвзятое мнение об отсутствии развитого мореходства в доиспанской Америке наложило свою печать также и на ботаническую дискуссию о происхождении фасоли обыкновенной *Phaseolus vulgaris*. В 1880 г. немецкий ученый Виттмак обнаружил фасоль обыкновенную среди материала раскопок, произведенных Рейссом и Штюбелем на месте древних захоронений в Анконе (Перу). Фасоль лежала вместе с другой пищей рядом с мумиями, преданными земле задолго до открытия Америки европейцами. Так неожиданно появилось убедительное доказательство доевропейского культивирования фасоли в Америке. Позже семена фасоли были найдены в доинкских поселениях по всему перуанскому приморью. Но образцов европейской фасоли доколумбовой поры к этому времени уже нельзя было найти. Поэтому сделали вывод, что родиной фасоли Старого Света является древняя Америка,



Другой вид хлебного дерева (*Artocarpus communis* Forst.). Цветущая и плодоносящая ветвь (сверху); семя (посередине); плодонжка в разрезе (внизу)

откуда испанцы привезли ее в Европу. Сравнительно недавно ботаники Хатчинсон, Силоу и Стефенс, опираясь на убедительный ботанический материал, указали, что фасоль — еще одно подтверждение доколумбовых связей между Старым и Новым Светом.

Сходный вопрос возник в связи с разновидностями лимской фасоли, *Phaseolus lunatus*, которая произрастает в диком виде в Гватемале и обнаруживается в ранних погребениях культуры Чиму и Наска на побережье Северного и Южного Перу. В 1950 г. Зауэр описал генетические особенности одного примитивного сорта лимской фасоли, издавна возделываемого в некоторых областях Индонезии и Индокитая, и заметил, что если Юго-Восточная Азия окажется реликтовой областью примитивного сорта лимской фасоли, давно исчезнувшего в Перу и Мексике, перед нами встанет новая проблема, а именно — о дати-

ровке и характере транстихоокеанских сообщений, благодаря которым аборигены получили американскую фасоль через океан.

Аналогичную проблему представляет собой родственное фасоли растение канавалия (*Canavalia* sp.). Американские ботаники Стоноу и Андерсон указывали: «Канавалия, широко культивируемая в Тихом океане и всегда считавшаяся уроженцем Старого Света, теперь обнаружена в доисторических поселениях на побережье как Южной Америки, так и Мексики»<sup>1</sup>.

Наш короткий обзор позволяет заключить, что этнологическая мысль почти сто лет развивалась под влиянием этноботанических аргументов; в свою очередь, предрассудки этнографов заражали ботаников, занимавшихся Америкой. Литература о происхождении и распространении ряда американских и тихоокеанских культурных видов показывает, как много ботанических гипотез основывалось на убеждении, что до Колумба Новый Свет был изолирован от всего остального мира. Точно так же считалось доказанным, что только индонезийские суда могли ходить через Тихий океан на восток; плавания южноамериканских народов ограничивали пределами прибрежных вод, полагая, что у них не было настоящих морских судов. Изложенный выше материал показывает, однако, что мы располагаем надежными свидетельствами вывоза из Америки эндемичных растений на соседние острова Тихого океана. Основная часть ботанических индикаторов сосредоточена на окраине Восточной Полинезии, но есть веские доказательства контакта со всей областью батата, вплоть до Меланезии. Подавляющее большинство общих для Полинезии и Америки полезных растений, очевидно, распространилось из Южной Америки на острова; банан, возможно, составляет исключение исключение и служит примером переноса в противоположном направлении.

Подведем итог: с начала возделывания хлопчатника, бутылочной тыквы и батата в Новом Свете эти и многие-

<sup>1</sup> C. R. Stonor and E. Anderson, Maize among the hill peoples of Assam. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, vol. XXXVI, 1945 N 1, p. 392.

другие полезные растения доставлялись доевропейскими мореплавателями из Южной Америки в Полинезию. Некоторые специалисты по географии растений подозревают ныне возможность аборигенных плаваний из Африки в Среднюю Америку или между Средней Америкой и Юго-Восточной Азией (если не то и другое вместе), но здесь еще нет убедительных доказательств. Однако впредь было бы ошибкой, как это делали в прошлом, вовсе пренебрегать очевидным отсутствием действенных географических барьеров, которые мешали бы судам аборигенов плыть из Северной или Южной Африки в Центральную Америку, из Перу в Полинезию, из Мексики в Индонезию, даже из Индонезии в Мексику — по старой трассе испанских галеонов к северу от Гавайских островов.

УДК 56:581

Перевод с норвежского Л. Жданова

## Комментарии

Вот уже 30 лет — с того самого времени, когда Тур Хейердал оказался на островах Маркизского архипелага; вопреки всем авторитетам он доказывает, что заселение островов Тихого океана шло не только из Азии, но и из Америки. «Американские индейцы в Тихом океане»<sup>1</sup> — так прямо и назвал Хейердал свое главное исследование, и то лишь после блистательного рейса «Кон-Тики», опубликованное им в 1952 г., — исследование, тут же преданное анафеме. Да и как могло быть иначе! Ведь Хейердал осмелился поднять руку на прочно утвердившуюся в науке и потому ставшую традиционной, «удобной» и привычной гипотезу заселения Полинезии из Юго-Восточной Азии.

Ученому миру давно уже казалось, что вопрос окончательно решен в пользу азиатской прародины полинезийцев. Правда, существовали факты, указывающие на глубокие исторические связи полинезийцев с американскими индейцами, связи, столь же несомненные, как и связи полинезийцев с миром Юго-Восточной

Азии. Однако ученые в большинстве своем видели и видят в этих фактах лишь указание на то, что полинезийцы некогда доплывали до берегов Южной Америки, вступали в контакты с ее населением и возвращались назад. Известный океанист Те Ранги Хироа (П. Бак) считал даже, что «этот исключительный подвиг мог быть совершен только один раз»<sup>1</sup>.

Когда же, после плавания «Кон-Тики», Хейердал приступил к планомерным археологическим поискам и раскопкам на ближайших к южноамериканскому побережью восточных островах Полинезии, ему удалось найти немало новых фактов, свидетельствующих вкупе со старыми о том, что американо-полинезийские связи отнюдь не были случайным эпизодом в истории заселения островов Тихого океана и что среди предков нынешних полинезийцев были выходцы и из Южной, и из Северной Америки.

Здесь уместно подчеркнуть, что гипотезу Хейердала нередко относят, по недоразумению, к числу «американских», т. е. таких, согласно которым предками полинезийцев были исключительно аборигены Америки. В действительности, одним из важных достоинств и преимуществ гипотезы Хейердала является как раз то, что ее автору удалось преодолеть односторонность и ограниченность как «азиатских», так и «американских» гипотез заселения Полинезии. По сути дела Хейердал впервые в истории проблемы в равной мере учитывает и азиатский, и американский компоненты в антропологическом типе, языке и культуре полинезийцев.

Подчиняясь неумолимым фактам, многие ученые были вынуждены согласиться с тем, что доводы Хейердала не столь легковесны, чтобы ими пренебречь, и нашли необходимым включить американских индейцев в родословную островитян Тихого океана<sup>2</sup>.

Состоявшийся в 1961 г. в Гонолулу X Тихоокеанский научный конгресс открыто признал в одной из своих ре-

зольюций, что Южная Америка составляет столь же важный источник информации о народах и культурах островов Тихого океана, как и Юго-Восточная Азия с прилегающими к ней островами.

Полемика вокруг гипотезы Хейердала продолжается. Важное место в ней отводится тому или иному толкованию данных этноботаники. И это не случайно: критика этноботанических доводов Хейердала, выдвинутых им в защиту его гипотезы, была, пожалуй, одно время особенно суровой и непримиримой. Дело в том, что Хейердал встретил в лице видного американского ботаника Э. Меррилла убежденного и высокоэрудированного противника своих взглядов. История полемики между Хейердалом и Мерриллом рассказана здесь самим Хейердалом. Что ж, победителем в этом споре, несомненно, стал Хейердал. Данные этноботаники действительно подтверждают американское происхождение ряда культурных растений Полинезии. Едва ли стоит оспаривать американское происхождение такой важной земледельческой культуры полинезийцев, как батат. На X Тихоокеанском научном конгрессе Г. Конклин лаконично и убедительно показал легковесность всех гипотез, согласно которым батат либо проник в Океанию из Африки, либо даже наоборот — в Африку из Океании, а Д. Йен, развивая плодотворные идеи замечательного советского биолога Н. И. Вавилова, обстоятельно доказал, что центр происхождения батата находится именно в Южной Америке. Что же до Азии и Африки, то не исключено, что батат был занесен туда в уже историческое время испанцами и португальцами. Безусловно, в проблеме происхождения культурных (и некоторых дикорастущих, но используемых человеком) растений Полинезии еще много неизученного, а потому спорного, неясного и противоречивого. Но — и в этом суть — в целом данные этноботаники никак не противоречат гипотезе Тура Хейердала, как это иногда утверждается.

В. М. Бахта

Кандидат исторических наук  
Москва

<sup>1</sup> T. Heyerdal. American Indians in the Pacific. Stockholm, 1952.

<sup>1</sup> Те Ранги Хироа (П. Бак). Мореплаватели солнечного восхода. М., 1959, стр. 250.

<sup>2</sup> См. например: В. И. Брагинский. К дискуссии о проблеме заселения Полинезии (обзор литературы вопроса). «Краткие сообщения Института народов Азии», 1963, № 61.

## Новости науки

Премия имени В. Г. Хлопина

Спутники работают

Биология описательная и экспериментальная

Новый способ определения белков

Механизм поглощения углекислоты растениями

Программа «Пермон»

Побочное действие лекарств

Ударная волна в качестве источника света

Ускорители на встречных пучках

Подземная передача радиоволн

Простой метод акустической голографии

Протонный микроскоп

«Электронная собака»

Море в центре Австралии

Симметрия полярных сияний

Коллаген и температура

Современный подход к проблеме старения

## Премия имени В. Г. Хлопина

Президиум Академии наук СССР присудил премию имени В. Г. Хлопина 1968 г. доктору технических наук Зинаиде Васильевне Ершовой за серию работ по химии полония.

Ученица Ф. Жолио-Кюри и академика В. Г. Хлопина, З. В. Ершова известна классическими работами в радиохимии. Полученные ею за последние годы результаты привели к организации производства изотопных источников тока, используемых в современной технике. Преодолев исключительные экспериментальные трудности, З. В. Ершова получила совершенно новые соединения весьма важных свойств.

## Спутники работают

Исследования верхних слоев атмосферы, радиационных поясов Земли, «солнечного ветра» и т. д., выполненные в последние годы, в том числе и с помощью искусственных спутников Земли, заставили по-новому взглянуть на процессы, протекающие в земной атмосфере на различных высотах. Высказываются мнения о целесообразности и даже необходимости фундаментального пересмотра методов прогноза погоды.

Что же нового дали и дадут искусственные спутники Земли науке о погоде?

Во-первых, метеорологические спутники позволили с помощью телеви-

зионной и инфракрасной аппаратуры регулярно получать фотографии облачного покрова на обширных территориях, а в перспективе — на всей поверхности Земли (дневной и ночной ее сторонах). Хотя методика анализа этой информации до конца еще не отработана, значение ее уже сейчас трудно переоценить и в повседневной оперативной синоптико-прогностической работе, и при изучении региональных особенностей атмосферных процессов различных районов земного шара, и при выявлении климатологических закономерностей. Так, например, с высоты 600—650 км советские метеорологические спутники просматривают полосу территории шириной около 1000 км. Разрешающая способность аппаратуры позволяет выявлять отдельные облачные элементы размером до 5—8 км. За один час с помощью такого спутника можно «обозреть» более 25 млн км<sup>2</sup> поверхности Земли, т. е. почти 5% площади нашей планеты.

Во-вторых, информация об излучении Солнца, Земли и земной атмосферы, поступающая с метеорологических ИСЗ, позволяет с большей объективностью и глубиной подойти к изучению радиационного баланса системы Земля — атмосфера — космос и поможет в будущем раскрыть многие стороны механизма передачи лучистой энергии во всей толще земной атмосферы. Результаты актинометрических измерений отраженного Землей излучения, распределения по высоте излучения атмосферы и т. п. уже и сейчас имеют непосредственное значение для совершенствования существующих методов прогноза погоды. Обнаружены статистические связи между суммарным уходящим излучением и состоянием воздушных масс в стратосфере и нижней тропосфере (в первую очередь, со средней температурой воздуха).

В-третьих, ИСЗ дают возможность с помощью бортовой аппаратуры производить непосредственное измерение целого ряда параметров атмосферы. Даже само изменение движения любых не маневрирующих спутников Земли несет в себе определенную информацию о состоянии газовой оболочки Земли.

Большая часть энергии, вызывающей всевозможные изменения термодинамических характеристик газовой оболочки Земли, поступает от Солнца. Поэтому вполне естественно, что, выяснив механизм передачи этой энергии в атмосфере от одних ее слоев к другим, реализации и перехода ее из одного состояния в другое, можно будет по-новому подойти к решению проблемы долгосрочных прогнозов погоды. Уже полеты первых ИСЗ позволили установить существование на больших высотах суточного хода плотности воздуха, протяженности самой атмосферы и т. д., а также взаимосвязь этих характеристик с солнечной активностью. Именно благодаря изучению околоземного космического пространства с помощью спутников многие грандиозные явления природы, такие как хромосферные вспышки на Солнце, ионосферные и магнитные возмущения, полярные сияния и т. д. больше не кажутся изолированными друг от друга.

До сих пор при составлении прогнозов погоды влияние приходящей энергии, в первую очередь солнечной, на эволюцию атмосферных процессов либо вообще не учитывается, либо, в лучшем случае, считается постоянным. Но такое приближение весьма далеко от действительности. Краткосрочные прогнозы оправдываются относительно часто (на 80—85%). Это связано с тем, что пульсации солнечной энергии, после всех их трансформаций в атмосфере, не так существенны для небольших временных интервалов и в первом приближении могут не учитываться. Однако при долгосрочном прогнозировании погоды влияние энергии Солнца на процессы, протекающие в газовой оболочке Земли, приобретают первостепенное значение. По всей видимости, лишь с созданием космической теории погоды, учитывающей влияние пульсаций энергии Солнца и других внешних источников энергии на состояние земной атмосферы, можно будет достигнуть резкого улучшения долгосрочных прогнозов погоды.

Для более оперативного и более полного учета влияния Солнца на общее состояние газовой оболочки Земли

и эволюцию процессов, протекающих в ней, необходимо использовать прогнозирование деятельности самого Солнца. Для этой работы потребуются, видимо, привлечь Службу Солнца с ее сетью станций<sup>1</sup> и научных учреждений.

Переработка и учет всех фактов, которыми придется оперировать на базе новой теории при долгосрочном прогнозировании эволюций даже крупномасштабных атмосферных процессов как по полушариям, так и по всему земному шару, потребует привлечения целого комплекса быстродействующих электронно-вычислительных машин.

Для плодотворного решения всех этих проблем необходима координация деятельности заинтересованных организаций (Гидрометеорологической Службы, Службы Солнца и т. д.) и всех связанных с ними учреждений. Практические результаты этого научного сотрудничества в недалеком завтра смогут оказаться настолько разительными, что оставят далеко позади смелые научные фантазии.

В. С. Агалаков

Москва

## Биология описательная и экспериментальная<sup>1</sup>

В последние годы широкое развитие получило исследование молекулярных механизмов биологических процессов. Достижения здесь несомненны, они признаны всеми, о них много говорится и пишется. Очень важно, что в этой области создавалась необходимая интеллектуальная среда и довольно много молодежи уже знает и интересуется этими проблемами.

Благодаря вниманию к этому разделу биологии, его популяризации и соответствующей подготовке кадров, у некоторых, в особенности молодых, работников замечается, на мой

взгляд, опасная тенденция делить всю современную биологию на «передовую» и «биологию прошлого».

Я с полным правом говорю об этом, так как по своим научным интересам и практике работы стремлюсь развивать и всячески пропагандировать физико-химические подходы к решению биологических проблем. В то же время отношение к описательной биологии как к биологии прошлого, с моей точки зрения, крайне вредно.

Если говорить о необходимости знания природы для физико-химических аспектов исследований, то я бы хотел привести два примера, с моей точки зрения, весьма показательных.

Первый — это работа по точному количественному измерению ионных потоков через мембрану нервного волокна, удостоенная несколько лет тому назад Нобелевской премии. Только потому удалось разобраться в генерации биопотенциалов, что зоологи и сравнительные физиологи нашли гигантское нервное волокно у кальмара, которое позволило провести эту работу.

Второй пример — специалисты обнаружили в океане свободно плавающую одноклеточную водоросль, у которой есть лишь один хлоропласт, состоящий из системы молекулярных мембран. В двух третях своего объема этот хлоропласт совершает процесс фотосинтеза, а оставшаяся треть с несколькими модифицированными мембранами представляет собой rudimentарный орган зрения — глазок. В зависимости от степени переполнения водоросли продуктами фотосинтеза, этот глазок управляет движением жгутика и направляет свободно плавающую клетку к свету или к темноте. Таким образом, и здесь гидробиологи нашли объект, который позволил сопоставить молекулярные механизмы фотосинтеза и фоторецептора.

Сейчас наступил такой момент в изучении физико-химических основ явлений жизни, когда от отдельных звеньев процесса надо переходить к сложным системам, и прежде всего

<sup>1</sup> Из выступления в прениях по докладу академика Я. В. Пайве на годичном общем собрании АН СССР 6 марта 1968 г.



к клеткам. Уже возможно исследовать с молекулярно-биологической точки зрения хотя бы простейшие формы жизни в «сборе». И здесь, на этом этапе, неизмеримую помощь оказывает так называемая описательная биология, которая включается в этот процесс исследования как необходимое звено.

Но этого мало. Если внимательно посмотреть на особенности подходов в самых различных разделах экспериментальной биологии, мы отчетливо увидим три особенности. Первая — это устремление в субмикроскопические исследования. В частности, электронный микроскоп в последние 10 лет создал новую эпоху во всех разделах современной биологии и медицины.

Вторая проистекает из многокомпонентности как структурных элементов, так и совершающихся процессов. Отсюда стремление к машинной обработке невероятного объема получаемой нами информации.

Третья особенность — это открывшиеся технические возможности исследовать множество процессов прижизненно и непосредственно следить за кинетикой, в частности, биохимических превращений с помощью оптических методов.

Эти три особенности, как мне кажется, стирают грани между общепринятым делением на физико-химическую и описательную биологию. В самом деле, именно благодаря этим особенностям так называемая описательная биология получает в свои руки новые орудия исследований. Субмикроскопический анализ объединяет воедино морфологию в обычном смысле слова и физико-химическую и химическую характеристику объекта. Машинный анализ дает возможность охарактеризовать любой объект количественно, по принципу анализа изображений при помощи серий электрических сигналов. Экспресс-методы прижизненного исследования позволяют быстро получить химическую и биохимическую характеристику любого объекта.

Академик Г. М. Франк

## Новый способ определения белков

Присутствие белков в водных или солевых растворах, а также в крови, моче, слюне, спинномозговой жидкости и других физиологических средах организма можно обнаружить самыми различными методами. Наиболее распространенная реакция на белки — биуретовая, которая характеризуется возникновением сине-фиолетового окрашивания при добавлении разведенного раствора сернокислой меди к сильно щелочному раствору белка. Биуретовая реакция уже давно применялась для количественного определения белков сывотки крови, но использование ее до последнего времени сталкивалось со значительными трудностями, поскольку ионы меди в щелочном растворе осаждались в виде гидроксиды меди и маскировали результаты анализа. Кроме того, необходимость раздельного приготовления растворов сернокислой меди и щелочи увеличивала время, затрачиваемое исследователями на анализ, создавала неудобства в работе и не гарантировала длительной сохранности реактива.

Американский исследователь Г. Кингсли недавно разработал новый способ определения белков в крови или моче с помощью сухого биуретового реактива. Этот реактив содержит строго рассчитанные количества сернокислой меди (или другой растворимой в воде соли меди), щелочного ингредиента ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  и др.) и стабилизатора ( $\text{Na}$  — соль виннокислотной кислоты) и готовится в виде однородных порошков, таблеток, пастилок или пиллюль.

Чтобы установить присутствие белка, к 1—2 мл крови или другой испытуемой жидкости добавляют 4 мл водного раствора реактива, смесь оставляют на 30 мин. при комнатной температуре или нагревают 1 мин. при 60—100° и определяют интенсивность развивающейся окраски по специальной цветной шкале или с помощью

оптических приборов — фотоэлектронколориметра или спектрофотометра.

Предложенный способ определения белков чрезвычайно прост, быстр и может найти широкое применение не только в химических лабораториях, но и в различных клиниках при проведении серийных анализов.

Л. И. Стекольников  
Кандидат биологических наук  
Москва

## Механизм поглощения углекислоты растениями

Как известно, растения отличаются высокой способностью усваивать углекислоту ( $\text{CO}_2$ ) из атмосферы, несмотря на ничтожное ее содержание — всего 0,03% по объему. Каков же механизм извлечения листом углекислоты из воздуха?

В настоящее время в литературе обсуждается возможность объяснения этого процесса за счет диффузии уг-

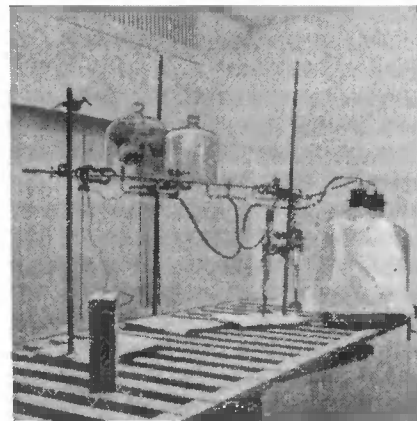


Рис. 1. Общий вид установки. Слева направо: сухая батарея на 60 в; два стеклянных колпака (второй — контрольный), через которые пропускается воздух; два поглотителя углекислоты с раствором барита; аспираторы, измеряющие количество прошедшего через установку воздуха

Таблица 1

**Влияние электрических потенциалов растений на поглощение углекислоты**

| Ассимилировано мг CO <sub>2</sub> за 10 мин. опыта на растении |              |              |
|----------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
| даты опытов 1967 г.                                            | заряд —500 в | заряд +500 в |
| 24. VII                                                        | 1,19         | —0,57        |
| 28. VII                                                        | 0,57         | ±0,0         |
| 1. VIII                                                        | 0,97         | —0,13        |
| 2. VIII                                                        | 0,33         | —0,53        |
| 8. VIII                                                        | 1,45         | —0,53        |
| 10. VIII                                                       | 0,66         | ±0,0         |
| 10. VIII*                                                      | 0,57         | ±0,0         |

\* Дан заряд в 1000 в.

Таблица 2

**Изменения интенсивности фотосинтеза в зависимости от подаваемых потенциалов на растения**

| Ассимилировано мг CO <sub>2</sub> за 10 мин. опыта на растении |          |              |               |              |             |
|----------------------------------------------------------------|----------|--------------|---------------|--------------|-------------|
| даты опытов                                                    | до опыта | заряд —500 в | между опытами | заряд +500 в | после опыта |
| 24. VII                                                        | 0,40     | 1,19         | 0,88          | —0,57        | 1,45        |
| 28. VII                                                        | 0,35     | 0,57         | не учитыв.    | 0,0          | 0,22        |
| 2. VIII                                                        | 0,33     | 0,33         | 0,22          | —0,53        | 1,36        |
| 8. VIII                                                        | 1,36     | 1,45         | 0,13          | —0,53        | 0,44        |
| 10. VIII                                                       | 0,35     | 0,66         | не учитыв.    | 0,0          | 0,13        |
| 10. VIII                                                       | 0,0      | 0,57         | не учитыв.    | 0,0          | 0,66        |

лекислоты, обусловленной различиями в ее концентрации между атмосферой вне листа и атмосферой внутри него.

В проведенных нами исследованиях вскрыт механизм интенсивного поглощения углекислоты листьями. В многочисленных опытах установлено, что углекислота из воздуха усваивалась только листьями, имевшими отрицательный заряд. Положительно заряженные листья, как правило, не усваивали углекислоты (см. табл. 1).

На растения с помощью платинового электрода, погруженного в питательный раствор (рис. 1), подавался положительный или отрицательный потенциал (в 500 в от выпрямителя ВСЭ-2500 или небольшое напряжение

порядка 60 в от сухой батареи). Растения, изолированные от земли, выращивались в стеклянных сосудах, стоявших на полке из оргстекла. Поглощение CO<sub>2</sub> изучалось на одних и тех же растениях в параллельных опытах с подачей положительного или отрицательного потенциала. Все опыты проведены научным сотрудником Н. С. Чаплыгиной.

Условия освещения, температура и влажность воздуха, содержание CO<sub>2</sub> и скорость подачи воздуха в продолжении каждого опыта были совершенно одинаковы.

Как показывают исследования, при подаче отрицательного заряда на растения интенсивность фотосинтеза по сравнению с предыдущим периодом, когда растения находились в обычных условиях, усиливается (табл. 2). Когда же после интенсивной ассимиляции CO<sub>2</sub> растением при отрицательном заряде этот заряд снимался, фотосинтез протекал медленнее. При положительном заряде у растений фотосинтез практически отсутствовал, а после снятия заряда он заметно усиливался.

В другой серии опытов изучалось влияние сравнительно низкого потенциала (около 60 в), подаваемого от сухой батареи. Когда отрицательный полюс батареи соединялся с платиновым электродом, погруженным в питательный раствор, положительный полюс заземлялся. На рис. 2 представлены результаты одного из таких опытов. При подаче отрицательного потенциала на лист поглощение углекислоты усиливалось более чем в два раза, а при положительном потенциале наблюдалось только выделение углекислоты. В обоих опытах были использованы одни и те же растения. Незаштрихованные столбики показывают, как шел фотосинтез до и после подачи потенциалов на растения при сохранении в постоянстве всех других условий опыта. Эти данные свидетельствуют о том, что растения сохраняли способность к интенсивному фотосинтезу в течение всего опыта.

Более длительный опыт был проведен с фасолью, которая выращива-

лась в водной культуре в теплице. Растения, получавшие отрицательный потенциал около 60 в от сухой батареи, увеличили урожай бобов на 27%.

В естественных условиях атмосфера имеет обычно положительный заряд, увеличивающийся в среднем на 130 в при подъеме от уровня земли на 1 м. Растения имеют тот же заряд, что и земля, т. е. по отношению к воздуху (в нормальных условиях) они заряжены отрицательно. Таким образом, найдены силы, которые в естественных условиях автоматически обеспечивают притяжение положительно заряженных молекул углекислоты к листьям растений. Это электрические силы взаимного притяжения противоположно заряженных частиц — положительно заряженной молекулы CO<sub>2</sub><sup>+</sup> к отрицательно заряженному листу.

Установленная закономерность помогает объяснить наблюдавшиеся ранее явления прекращения фотосинтеза при благоприятных внешних условиях (свет, температура, влага) накануне грозы. Предгрозового фронт воздуха несет сильные электрические заряды, которые, по-видимому, нивелируют заряды листа и молекул CO<sub>2</sub> и таким образом фотосинтез приостанавливается.

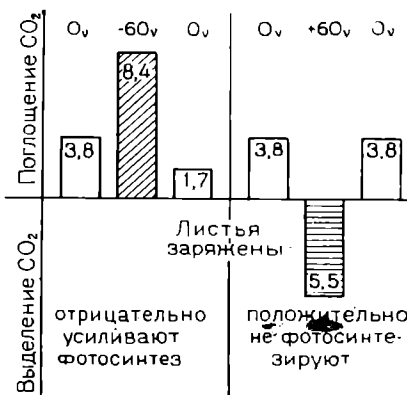


Рис. 2. Влияние знака потенциала растений огурцов на поглощение ими углекислоты (поглощение CO<sub>2</sub> мг/час на 1 дм<sup>2</sup> листа при освещении 7000 люксов)

Как известно, в средних широтах кривая интенсивности фотосинтеза имеет два максимума: основной — в предполуденные часы и другой, выраженный слабее, — во второй половине дня. Точно такой же ход и у кривой изменений потенциалов воздуха. Результаты наших опытов указывают на прямую зависимость фотосинтеза от различий между потенциалами воздуха и растений. Следует выяснить, в какой степени кривая фотосинтеза действительно объясняется накоплением ассимилятов и перегревом листьев, как принято считать в настоящее время, а в какой степени — изменениями потенциалов атмосферы.

В горных районах интенсивность фотосинтеза обычно значительно выше, чем на равнине, — это также совпадает с изменениями потенциалов атмосферы.

Установление механизма поглощения углекислоты растениями позволит находить новые пути повышения интенсивности фотосинтеза растений и связанного с этим повышения урожайности растений. Это, по-видимому, достижимо за счет искусственного увеличения отрицательного заряда растений, а также количества молекул  $\text{CO}_2$ , заряженных положительно. Все это можно легко осуществить в условиях защищенного грунта.

Профессор З. И. Журбицкий  
Москва

## Программа «Пермон»

Осуществляемые в последние годы программы исследований морского шельфа с помощью подводных домов-лабораторий неизменно привлекают всеобщее внимание. В ряду подобных операций программа «Пермон»<sup>1</sup> выделяется тем, что представляет собой первый опыт пребывания исследователей в подводном доме в зимних условиях.

Спортсмены клуба подводников «Пермон» города Остравы (Чехословакия) уже несколько лет ведут эксперименты по длительному пребыванию человека под давлением. Первый этап программы, названной по имени клуба «Пермон», был проведен в барокамере одной из больниц Остравы. Четверо суток находились четыре члена клуба под давлением 2,5 атм (что соответствует глубине 25 м). Физиологические исследования, проведенные врачами Института профессиональных заболеваний, показали, что в состоянии здоровья испытуемых в процессе эксперимента и после него нарушений не было. Некоторые осложнения возникли только в процессе декомпрессии, что вынудило увеличить время вывода экипажа из-под давления на 15 часов.

Оставские подводники провели еще ряд экспериментов, отрабатывая искусственные азотно-кислородные дыхательные смеси и режим декомпрессии. После благополучного завершения этой серии опытов, названной «Пермон-1», дальнейшие работы было решено перенести в реальные условия.

Подводная база «Пермон-2» представляла собой сооружение почти кубической формы с площадью пола  $2 \times 2$  м, с внутренним объемом 5 м<sup>3</sup>. Корпус подводного дома был достаточно прочен, чтобы удерживать в нем рабочее давление и после подъема его на поверхность. Это давало бы возможность проводить декомпрессию экипажа непосредственно в самом доме. Все системы подводной базы должны были обеспечивать ее автономную работу в течение трех суток. Основные пара-

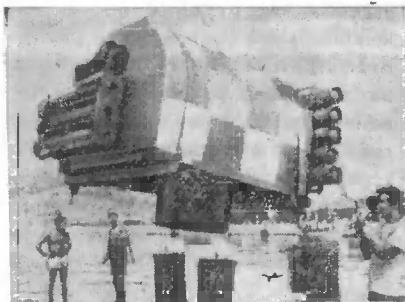
метры дыхательной смеси (состав, давление, температура, влажность) также должны были автоматически поддерживаться в заданных пределах.

Построенный с учетом этих требований подводный дом «Пермон-2» летом 1966 г. был доставлен на Адриатическое море в район города Сплит (Югославия). Подводный дом спустили на воду и уже буксировали к месту его стоянки, когда налетевший шторм оторвал буксирные концы и потащил дом на судоходную трассу порта Сплит. Остановить дрейф дома не удалось, и во избежание возможного столкновения базы с проходящими судами «Пермон-2» был затоплен. После того как шторм утих, дом подняли на поверхность. Морская вода привела в полную негодность все электроцепи автоматики, и системы, как показал осмотр, скорому восстановлению не поддавались. Так закончилась экспедиция «Пермона-2».

Доставленный обратно в Остраву дом ремонтировали в течение трех месяцев, и только к февралю 1967 г. подготовка эксперимента «Пермон-3» была завершена. На этот раз эксперимент было решено провести у себя в стране. На автомашине дом доставили к затопленным каменоломням и установили подо льдом на глубине 10 м. После проверки систем «Пермона-3» два акванавта погрузились в воду и прошли в дом. Эксперимент начался.

Чехословацкие акванавты Вилем Косман и Владимир Гейст восемьдесят часов пробыли в своей подводной подледной квартире. Акванавты периодически выходили в ледяную воду, производили медицинские наблюдения друг над другом, испытывали газовые смеси и т. д. Несмотря на зиму и отсутствие теплоизоляции на стенках дома, электрические печи поддерживали внутри него температуру воздуха около 21°С. После четырех дней и трех ночей, проведенных под водой, акванавты поднялись на поверхность; эксперимент «Пермон-3» благополучно закончился.

П. А. Боровиков  
Москва



Подводный дом «Пермон-2» спускают в воды Адриатики

<sup>1</sup> «Neptun», 1967, № 6, s. 171—175, № 8, s. 244—248; «Poseidon», 1967, № 61, s. 1—3, № 70, s. 432—438, 465.

## Побочное действие лекарств

В последние годы в клинической практике значительно участились случаи разнообразного, так называемого побочного действия лекарств. Среди них особенно большое место занимают различные неспецифические, иногда резко выраженные реакции больных на лекарства. На состоявшемся 25 и 26 января 1968 г. в Москве Пленуме правления Всесоюзного научного медицинского общества терапевтов эта проблема подверглась всестороннему обсуждению, в котором участвовали терапевты, патофизиологи, патоморфологи, фармакологи и другие специалисты.

В докладе проф. Е. М. Тареева (1 Московский медицинский институт) представлены данные о механизмах возникновения и развития классификации проявлений побочного действия лекарств. Проф. А. И. Струков (1 Московский медицинский институт) в своем докладе показал, что в подавляющем большинстве случаев неспецифические морфологические реакции на лекарственные средства сводятся к признакам аллергических поражений. Таким образом, лекарственная непереносимость может быть подтверждена морфологически. Однако отсутствие морфологических изменений не противоречит клиническому заключению о лекарственной непереносимости.

Интересны данные о механизмах лекарственной аллергии представил в своем докладе проф. А. Д. Адо (2 Московский медицинский институт). Поражение органов и систем при лекарственной аллергии вызывается различной локализацией реакции аллерген — антитело<sup>1</sup>. Биологическое значение антител при лекарственной аллергии зависит, вероятно, от количественных соотношений реагирующего лекарственного аллергена с соответствующим антителом.

Проф. А. Ф. Билибин (2 Московский медицинский институт) рассмотрел клиническое значение дисбактериоза<sup>1</sup>, его отношение к лекарственной аллергии. Показано, что лекарственная болезнь при различных заболеваниях в 55% случаев сопровождается неспецифической бактериемией, а это в целом ряде случаев отягощает течение основного заболевания и ведет к трудностям диагноза и истолкования причин и механизмов развития процессов.

Данные о возможной канцерогенной опасности некоторых медицинских препаратов представил в своем докладе проф. Л. М. Шабат (Институт онкологии АМН СССР). Необходимо тщательное изучение всех медицинских препаратов, подозреваемых в канцерогенности, и запрещение или замена опасных. Рекомендуется с осторожностью назначать длительное применение некоторых препаратов детям, беременным и кормящим женщинам.

О частоте повышенной чувствительности больных, в частности больных сосудистыми заболеваниями, к психотропным препаратам сообщил проф. В. М. Банщиков (1 Московский медицинский институт). Реографический контроль (отрицательная динамика реоэнцефалограммы<sup>2</sup> регистрируется раньше, нежели клинически отчетливые симптомы того или иного осложнения) позволит предупредить различные осложнения.

В ряде сообщений нашли свое отражение такие вопросы, как особенности действия лекарственных веществ на плей, токсико-аллергические и аутоагрессивные реакции при химиотерапии больных туберкулезом, специфическое и неспецифическое побочное действие лекарств при паразитарных болезнях, поражение печеночной ткани при воздействии различных препаратов, побочное дей-

ствие стероидных гормонов, предупреждение этих осложнений и контроль за проводимой терапией.

Углубленное наблюдение за механизмом лекарственной непереносимости было представлено в докладе проф. П. Н. Юренина (2 Московский медицинский институт). Он показал возможность установить природу лекарственного вещества в период возникновения аллергии при помощи иммунологических проб с определением антител и клеточных реакций.

О новом методе выявления индивидуальной непереносимости лекарств сообщил проф. Л. П. Казначеев (Новосибирский медицинский институт). Метод основан на исследовании микротермосопротивлений, работающих в режиме постоянного подогрева. Многочисленные исследования показали, что чувствительность предложенного метода превышает существующие в 3—4 раза.

Большое внимание было уделено лечению и профилактике осложнений, вызванных побочным действием лекарственных препаратов. Своевременная ранняя диагностика начальных проявлений лекарственной непереносимости способствует предупреждению ее более тяжелых форм.

Учитывая частоту осложнений и тяжесть клинических проявлений, выступавшие говорили о необходимости уделять большее внимание профилактике. Следует применять лекарства строго по показаниям, избегая полипрагмазии (одновременного применения многих лекарств). Перед назначением лекарств необходимо выяснить у больного или его родственников переносимость им этих лекарств в прошлом, собрать так называемый аллергологический анамнез.

Всесоюзный центр по изучению побочного действия лекарств, созданный в мае 1966 г., позволяет осуществлять быструю оценку поступающих данных и разрабатывать меры, обеспечивающие безопасность дальнейшего применения лекарств.

УДК 615—099

Л. Н. Самойлова  
Кандидат медицинских наук  
Москва

<sup>1</sup> Подробнее см. «Природа», 1967, № 6, стр. 24—32.

<sup>1</sup> Дисбактериоз — нарушение равновесия между микроорганизмами, обычно обитающими в кишечнике, дыхательных путях, на коже человека.

<sup>2</sup> Реоэнцефалограмма — кривая, отражающая изменения кровоснабжения головного мозга, получаемая бескровным путем с помощью специального электронного прибора.

«Журнал экспериментальной и теоретической физики», т. 54, 1968, вып. 1, стр. 112

## Ударная волна в качестве источника света

Ударная волна как возможный источник очень яркого света в последнее время привлекает пристальное внимание исследователей. Создавая с помощью конденсированных взрывчатых веществ ударные волны в тяжелых инертных газах, можно при малых размерах устройств получать высокие температуры за фронтом, а также большие плотности и потоки излучения с фронта. Именно на этом принципе основаны источники света, применяемые при фотографировании быстротекущих процессов. Такие источники используются и в том случае, когда нужно воздействовать мощным ультрафиолетовым излучением на твердое вещество.

Ю. А. Защелин, Е. Г. Попов и М. А. Цикулин исследовали зависимость светового излучения в ультрафиолетовой и видимой областях спектра от скорости фронта ударной волны, распространяющейся в аргоне, ксеноне, воздухе и аргоне с примесью воздуха. Ударные волны создавались зарядами взрывчатого вещества (смесь из равных частей тротила и гексогена), причем скорость движения их фронта менялась от 4 км/сек до 31 км/сек. В результате было обнаружено, что фронт волны излучает как черное тело с температурой, равной температуре газа за фронтом. В воздухе это отмечено при скоростях фронта 8—20 км/сек, в ксеноне и аргоне — при скоростях меньше 10 км/сек и 14 км/сек, соответственно. Если амплитуда ударной волны очень велика, газ перед фронтом, прогреваясь коротковолновым излучением с фронта, становится непрозрачным для длинноволнового (в частности, видимого) излучения. При этом

яркостная температура<sup>1</sup> фронта, соответствующая излучению, падает. Во время опытов были зарегистрированы яркостные температуры в 70 000—90 000° К, что ставит ударную волну в число наиболее ярких источников света.

<sup>1</sup> Яркостная температура — температура черного тела с той же интенсивностью излучения (в данном участке спектра), что и у исследуемого источника.

«Physics Today», т. 20, 1967, № 10, стр. 70—71 (США)

## Ускорители на встречных пучках

В печати уже сообщалось об успешном развитии работ со встречными пучками в Институте ядерной физики СО АН СССР в Новосибирске.

За последние годы интенсивно конструируются ускорители со встречными пучками частиц; для этой цели приспособляют и существующие ускорители. Так, Кембриджский электронный ускоритель с переменным градиентом на 6 Гэв, один из крупнейших в мире, видоизменяется с тем, чтобы получать и сохранять в самом синхротроне встречные пучки электронов и позитронов с энергией по 3—3,5 Гэв. Оба пучка будут циркулировать в синхротроне около двух лет. Электроны, предварительно разогнанные до энергии в 100 Мэв в линейном ускорителе, «впрыскиваются» в кольцо синхротрона, где они ускоряются и циркулируют в одном направлении. Производя инжекцию 60 раз в секунду, можно за несколько циклов получить циркулирующий пучок электронов со средней интенсивностью 100 ма.

Для получения позитронов пучок электронов из первого линейного ускорителя попадает на мишень, и образующиеся позитроны разгоняются до энергии 100 Мэв во втором линейном ускорителе. Затем позитроны «впрыскиваются» в синхротрон и циркулируют в нем уже в противоположном направлении. В результате многоциклового инжектирования

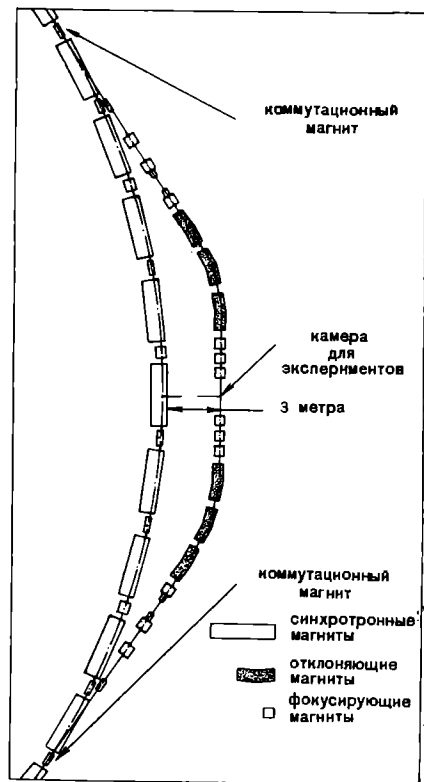


Схема ускорителя на встречных пучках

чем за 30 сек. создается пучок позитронов интенсивностью 100 ма.

Оба встречных пучка отделяются друг от друга вертикальными электрическими полями. Благодаря регулировке магнитных полей можно подобрать любое требуемое значение энергии пучков, вплоть до 3,5 Гэв. Специальные коммутационные магниты разделяют оба пучка и направляют их в двухканальный сектор, где они фокусируются в узкие лучи и могут выводиться навстречу друг другу в камеру для экспериментов. Расстояние между каналами с противоположно циркулирующими пучками достигает 3 м.

Время жизни пучка зависит в основном от чистоты вакуума и составляет приблизительно 30 мин. Кембриджские специалисты уже получали и сохраняли столько времени малоинтенсивные пучки электронов с энергиями до 3,5 Гэв. Они наблюдали также затухание колебаний пучка в результате потерь энергии на излучение.

В Станфордском университете (США) полтора года назад были проведены эксперименты на встречных пучках электронов с энергией 330 Мэв, а теперь ведутся исследования при энергиях 550 Мэв. Планируется также создание накопительного кольца со встречными пучками электронов и позитронов с энергией 3—4 Гэв, которые будут генерироваться Станфордским линейным ускорителем на 20 Гэв. Само кольцо диаметром около 70 м решено поместить в начале последней трети линейного ускорителя длиной 3,3 км, так что позитроны, образующиеся при столкновении пучка электронов с мишенью в конце первой трети ускорителя, смогут ускоряться до энергии 3 Гэв при прохождении 1,1 км срединной трети. После ускорения пучок позитронов выводится в кольцо.

Интенсивность каждого циркулирующего пучка составит от 1 до 25 а в зависимости от энергии. Разделение пучков, как и на Кембриджском ускорителе, осуществляется коммутационными магнитами. Чтобы компенсировать потери на излучении, применяется высокочастотная «подкачка» мощностью 1 Мвт.

Ускоритель со встречными пучками действует также в Орсе. Недавно вступило в строй электронно-позитронное кольцо с энергией 1,5 Гэв в Фраскати. В ЦЕРНе строятся два накопительных кольца для протонов с энергией 28 Гэв. Эксперименты на встречных пучках позволяют изучить электромагнитные и ядерные процессы при энергиях взаимодействий (в системе центра масс) значительно более высоких, чем достижимы на существующих, строящихся или запланированных обычных ускорителях.

«Новости ЮНЕСКО», 1968, № 1, стр. 7

## Подземная передача радиоволн

Исследования подземной радиосвязи начались сравнительно недавно, в основе положен принцип пропускания

радиоволн между двумя параллельными слоями горных пород. В США специалистами составлены геологические карты с указанием степени проводимости отдельных горных пород. В ряде опытов в горах штата Колорадо два исследователя — С. К. Тсоа и Ж. Т. де Бетанкур — передали радиосигнал под землей на расстояние 50 км. Во Франции группа ученых под руководством профессора Лилльского университета Габийера также изучает проводимость горных пород. Близ Парижа были проведены опыты, в ходе которых радиоволны передавались по слою горной породы, зажатому между двумя отложениями с другими электрическими свойствами. Можно надеяться, что подземная передача радиоволн открывает путь новым системам связи, менее подверженным воздействию атмосферных колебаний.

«New Scientist», т. 35, 1967, № 563, стр. 629 (Англия)

## Простой метод акустической голографии

Акустическая голография открыла широкие перспективы для безвредного «просвечивания» деталей машин, человеческого тела, труднодоступных объемов. По аналогии с оптической голографией, раньше для этого использовали два ультразвуковых луча. Один из них служил отсчетным, а другой «освещал» объект. При наложении обоих лучей на поверхности воды в специальном сосуде получалась интерференционная картина, из которой можно было с помощью считывающего лазерного луча реконструировать трехмерное изображение исследуемого предмета.

Чтобы избежать сложностей, связанных с использованием отсчетного луча и сосуда с водой, американские специалисты создали новый метод акустической голографии в воздухе, при котором благодаря лишь одно-

му «освещающему» ультразвуковому лучу прямо на фотопластинке образуется голограмма облучаемого объекта.

Ультразвук от генератора через громкоговоритель направляется на объект. Отраженные от него ультразвуковые волны сканируются микрофоном вдоль плоскости голограммы. Выходное напряжение с микрофона в каждой точке плоскости голограммы накладывается на отсчетное напряжение, подаваемое прямо с ультразвукового генератора. Для реконструкции акустической голограммы результирующее напряжение модулирует яркость лампы, прикрепленной к микрофону. Фотокамера, наведенная на сканируемую плоскость голограммы, фиксирует распределение интенсивности света. С фотопластинки, как и в случае оптической голографии, лазерным лучом с длиной волны 6328 Å считывается трехмерное изображение облученной ультразвуком области.

Применялся ультразвук с частотой 25 кгц, что соответствует длине волны 1 см в воздухе. Сканировалась область размером 1 м<sup>2</sup>. Линейное разрешение акустической голограммы — около 15 см, а угловое — приблизительно 2°.

«Engineer», т. 225, 1968, № 5848, стр. 346 (Англия)

## Протонный микроскоп

В Харуэлле — английском научно-исследовательском центре по атомной энергии — для детального изучения кристаллических решеток создан протонный микроскоп, который имеет ряд преимуществ перед рентгеновскими и электронными дифракционными методами просвечивания. В новом инструменте пучок электронов направляется на образец под острым углом к его поверхности

Сам кристалл помещен на специальном манипуляторе в вакууме (давление  $10^{-5}$  тор). После столкновения протонов с правильными рядами атомов кристалла на флюоресцирующий экран проецируется увеличенное изображение решетчатой структуры и ее ориентации. Изображение образуется благодаря тому, что траектории протонов вблизи атомов сильно отклоняются и в направлении рядов или плоскостей решетки происходит уменьшение интенсивности пучка.

Протонный микроскоп целесообразно использовать для изучения поверхностных слоев веществ толщиной всего в несколько десятков или сотен атомов. С его помощью очень легко ориентировать отдельный кристалл. На экране можно заметить примесные атомы в отдельном кристаллическом слое.

---

«Польское обозрение», 1968, № 4, стр. 15

---

## «Электронная собака»

В лаборатории бионики Института автоматизации Польской академии наук в Варшаве проведены опыты с «электронной собакой». Эта электронная модель, состоящая из целого комплекса транзисторных «нервных клеток», воспроизводит некоторые функции и реакции, происходящие в нервных клетках живого организма.

Определенный стимул, передаваемый в виде электрического импульса (имитирующего световой или звуковой сигнал), вызывает у «электронной собаки» ожидаемую реакцию, имитирующую чувство голода, выделение слюны, удовлетворение чувства голода и т. д.

Модель позволяет проследить пути прохождения импульсов, определяющих систему связей между отдельными клетками, и управляющими центрами мозга.

---

«Новости ЮНЕСКО», 1968, № 2, стр. 7

---

## Море в центре Австралии

В центре австралийского континента скоро, возможно, возникнет море. Его предполагают создать путем заполнения водой огромной заболоченной котловины в южной части страны, известной под названием оз. Эйре (площадь — 9600 км<sup>2</sup>). Сюда с помощью системы каналов намереваются перебросить воды океана. Реализация этого проекта окажет значительную помощь сельскому хозяйству. Опресненная путем выпаривания соли океанская вода будет использована для орошения значительной территории засушливых земель.

---

«New Scientist», т. 37, 1968, № 580, стр. 540 (Англия)

---

## Симметрия полярных сияний

Ученые пришли к заключению, что причиной появления полярных сияний служит «впрыскивание» в верхнюю атмосферу заряженных частиц из космического пространства, происходящее при возмущениях, вызываемых всплесками солнечной активности. Следуя вдоль силовых линий магнитного поля Земли, потоки частиц в районе геомагнитных полюсов генерируют «сполохи» света.

Теоретически можно предсказать, что если земное магнитное поле имеет правильную (регулярную) структуру и если «впрыскивание» (инъекция) частиц происходит симметрично, то полярные сияния должны наблюдаться в обоих полушариях одновременно — как зеркальные отражения друг друга. Однако солнечный ветер в ряде мест нарушает регулярность поля

и тем самым должен искажать идеально симметричную картину. Чтобы исследовать, насколько справедлива идея о «сопряжении» полярных сияний на эквивалентных магнитных широтах в Северном и Южном полушариях, группа американских ученых из Геофизического института Университета штата Аляска проводит серию одновременных высотных полетов самолетов со специальным оборудованием над Аляской и к югу от Новой Зеландии. Ни наблюдения с наземных станций, ни запуски ракет не могут так синхронно и так симметрично по широте собрать данные о сопряженных полярных сияниях, как два самолета. Они летели в противоположных направлениях вдоль одной и той же силовой линии магнитного поля, и каждые 15 мин. исследователи проводили измерения на эквивалентных магнитных широтах. Оказалось, что симметрия между полярными сияниями в обоих полушариях прослеживается весьма далеко.

Фотометрическими наблюдениями можно, по-видимому, подтвердить, что яркость «сполохов» синхронно изменяется в каждом полушарии. Если флуктуации обоих полярных сияний происходят одновременно, это означает, что при отсутствии магнитных бурь «сполохи», очевидно, вызываются инжекцией электронов и протонов симметрично относительно экваториальной плоскости вдоль замкнутых стабильных силовых магнитных линий, не очень сильно искажаемых солнечным ветром.

---

«Atomes», 1967, № 249, pp. 742—743 (Франция)

---

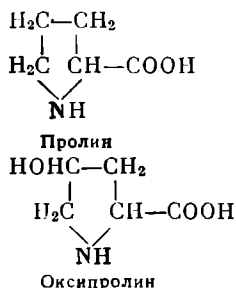
## Коллаген и температура

Недавние исследования д-ра Го (Аризонский университет, США) позволили подойти к ответу на вопросы, которые на первый взгляд могут показаться фантастическими. Можно ли с точностью 0,1—0,2°С определить среднегодовую температуру,



которая была в данном месте несколько десятков миллионов лет назад? Или другой вопрос — как установить, какую температуру имели при жизни ископаемые птицы и млекопитающие?

В костях позвоночных животных есть белок коллаген. В отличие от других белков он содержит большое количество иминокислот (вместо  $\text{NH}_2$ -группы, характерной для аминокислот, они включают иминогруппу  $\text{NH}$ ), пролина и продукта его окисления — оксипролина:



Коллаген — один из наиболее устойчивых белков. В костях ископаемых животных он разлагается очень медленно, распадаясь на составляющие его amino- и иминокислоты. В электронный микроскоп хорошо видны коллагеновые фибриллы (нити), сохранившиеся в ископаемых костях позвоночных животных.

Изучение коллагена современных рыб и млекопитающих позволило д-ру Го прийти к интересным выводам. Известно, что рыбы (а также земноводные и пресмыкающиеся) — животные экзотермические: они относятся к холоднокровным, и температура их тела зависит от температуры окружающей среды. Исследования показали, что у рыб, живущих в холодной воде, коллаген содержит меньше оксипролина, чем коллаген рыб, обитающих в теплой воде. Это различие может быть объяснено зависимостью устойчивости коллагена при разных температурах от содержания в нем оксипролина.

Не менее интересные результаты были получены при изучении коллагена млекопитающих — животных теплокровных, характеризующихся постоянством температуры своего

тела. Оказалось, что содержание иминокислот в коллагене различных животных коррелирует с температурой их тела. А именно, увеличению температуры тела на каждый градус соответствует возрастание количества иминокислот на 0,9% (9 дополнительных иминокислот на 1000 аминокислот). Исходя из этого, д-р Го установил, что температура предков ленивца, живших в палеоцене (60—70 млн лет назад), составляла 35,3—35,7°, что несколько выше температуры тела современных представителей этого вида (34,5°).

Д-р Го предполагает, что при помощи этого метода, изучая коллаген земноводных, удастся выяснить изменения климата в период оледенения. К сожалению, этот метод не позволяет изучать животных, живших ранее четвертичного периода, так как содержащийся в их костях оксипролин уже частично разрушен.

---

«Bulletin Československé Akademie věd», 1968, № 1, стр. 4—5 (Чехословакия)

---

## Современный подход к проблеме старения

В настоящее время существует целый ряд теорий старения, однако сама причина старения еще не выяснена. Сложными экспериментами доказано, что организм не стареет как единое целое, а стареют его отдельные клетки. Именно по этой причине биохимики прежде всего изучают макромолекулы тканей, в клетках которых в процессе старения проявляются определенные изменения. Исследуя субмикроскопическую структуру клеток, особое внимание обращают на строение трех видов белка — коллагена, эластина и миозина.

Наибольший интерес представляет коллаген, на долю которого приходится 40% белка, или 5—7% веса тела. Более 50% коллагена содержится в коже, костях, сухожилиях, матке и легких. Его молекулы напоминают по

форме палочки размером 2800 миллионных долей миллиметра, образующие связную структуру в виде кирпичной стенки (кладки).

В Институте физиологии Чехословацкой Академии наук группа сотрудников во главе с биохимиком Зденек Дейлом изучает поперечные связи, которые соединяют молекулы коллагена. Именно в поперечных связях в процессе старения возникают определенные изменения.

Поперечные связи в организме можно не только легко создавать искусственно, но и особым рационом предупреждать их образование. Недавно Зденек Дейл экспериментально доказал, что рацион с высоким содержанием жира оказывает существенное влияние на образование поперечных связей, ускоряющих старение тканей. Иначе обстоит дело с голодающими животными. При уменьшении рациона подопытных крыс на 4 г в сутки длительность их жизни была увеличена примерно на 30%. Для человека это составило бы в среднем около 15 лет.

Изменения рациона — отнюдь не единственный способ регулировать возникновение поперечных связей в белке. В других опытах коллективу З. Дейла удалось повлиять на соединительную ткань таким образом, что она осталась молодой. Однако омолодить ткань старых животных не представляется возможным. Целью исследований З. Дейла было показать, что разные части организма стареют с различной скоростью. Но если в организме необратимые изменения уже произошли, то исправить положение каким-либо вмешательством извне уже нельзя.

Чехословацкие ученые проверяли также зарубежные теории, согласно которым изменения в белке вызваны изменениями ДНК и РНК. О функциональных изменениях нуклеиновых кислот в связи со старением известно очень мало. Предполагают, что в основе этих изменений лежит необратимая реакция в белке, сопровождаемая образованием поперечных связей. Следовательно, ключ к разгадке проблемы старения, по-видимому, кроется в макромолекулах ДНК.

# По страницам научных журналов

А. В. Никитин, Г. Н. Безруков и др.  
ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ  
ИСКУССТВЕННЫХ АЛМАЗОВ

«Физика твердого тела», т. 10, 1968,  
вып. 1, стр. 243—247.

Во многих случаях возбужденные атомы кристалла отдают запасенную энергию не мгновенно, а лишь при повышении температуры до определенного значения. Это называется термовысвечиванием. Термовысвечивание кристаллов алмаза наблюдалось различными исследователями на природных образцах уже несколько лет назад. При этом на интегральных кривых термовысвечивания были обнаружены максимумы при 80, 120, 150, 180 и 215° С, а сам процесс наиболее эффективно протекал в том случае, если предварительное возбуждение кристаллов алмаза осуществлялось излучением с длиной волны короче 366 мкм. Было высказано предположение, что термовысвечивание обусловлено главным образом дефектами кристаллической решетки, а не примесями.

Группа сотрудников Всесоюзного научно-исследовательского института синтеза минерального сырья (г. Александров) впервые предприняла аналогичные измерения на кристаллах искусственных алмазов. Их исследования могут оказаться особенно важными для установления самой природы термовысвечивания алмазов, так как при получении искусственных алмазов можно сознательно менять

степень их дефектности за счет изменений параметров синтеза и введения определенных примесей. Важное преимущество исследований на искусственных кристаллах алмаза — проведение различных измерений на образцах, полученных в одних и тех же условиях.

Измерения проводились на более чем 40 разновидностях искусственных кристаллов алмаза в интервале температур от 20 до 400° С. Алмазы для исследований синтезировались при температурах порядка 1300° и давлениях около 50 кбар. Для определения влияния примесей на термовысвечивание в кристаллы вводились добавки марганца, брома, алюминия, железа и некоторых других элементов. За 30 мин. до измерений кристаллы алмаза размером до 1 мм возбуждались ультрафиолетовыми или рентгеновскими лучами при комнатной температуре.

Результаты измерений подтвердили наличие упомянутых выше максимумов на интегральных кривых термовысвечивания и возрастание его интенсивности при использовании возбуждающего излучения с длиной волны короче 366 мкм. Оказалось, что введение примесей не оказывает заметного влияния на термовысвечивание, тогда как параметры кристаллизации, напротив, существенно влияют на вид кривых термовысвечивания.

П. П. Гамбарян. ПРОИСХОЖДЕНИЕ  
АЛЛЮРОВ У МЛЕКОПИТАЮЩИХ  
«Журнал общей биологии», т. XXVIII,  
1967, № 3

Понятия об основных аллюрах животных (шаг, рысь, галоп, иноходь) можно очень точно выразить графически и охарактеризовать количественно. Их приспособительный характер теперь уже не вызывает сомнений.

Большинство исследователей считает, что древнейшие млекопитающие вели лазающий образ жизни. Эта гипотеза основана на морфологических особенностях останков ископаемых. Для древнейших животных и наиболее примитивных современных форм характерны противопоставление первого пальца всем остальным

и способность выворачивать конечности вдоль их продольных осей.

Древнейшие млекопитающие, однако, должны были унаследовать от рептилий «рептилийное», свойственное и современным ящерицам, расположение конечностей. Особенность его такова: при упоре задних конечностей в землю вся нагрузка ложится на мышцы, оттягивающие задние конечности назад. Большинству же современных млекопитающих присуще иное, так называемое, парасаггитальное расположение конечностей, обеспечивающее более выгодное приложение сил при движении: у млекопитающих давление проходит через костно-связочную систему конечности и фиксация тела требует минимальных затрат мышечной энергии.

Смещение конечностей — один из важнейших этапов эволюции млекопитающих. И вот оказывается, что гипотеза о первично-лазающем образе жизни древнейших млекопитающих не может объяснить того, как совершался переход от «рептилийного» к иному, более выгодному расположению конечностей. Дело в том, что тщательное изучение графиков движения современных рептилий и млекопитаю-

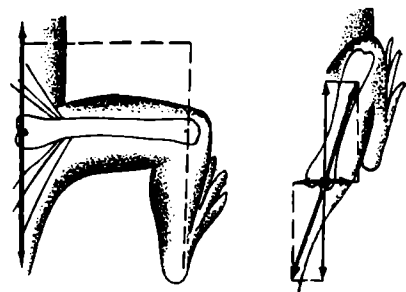
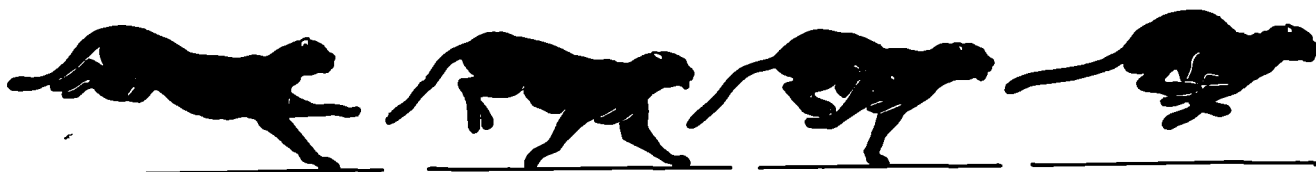
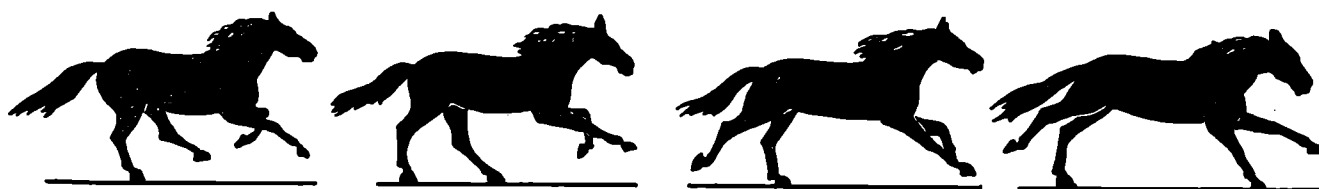
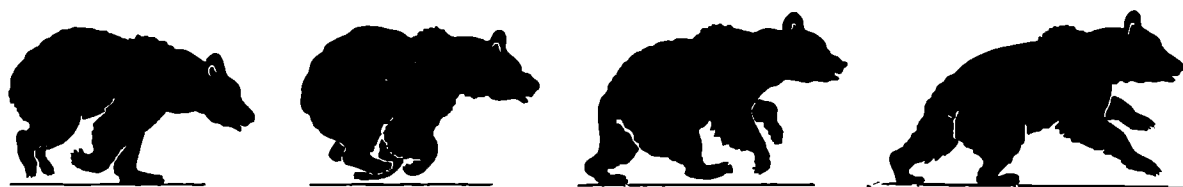
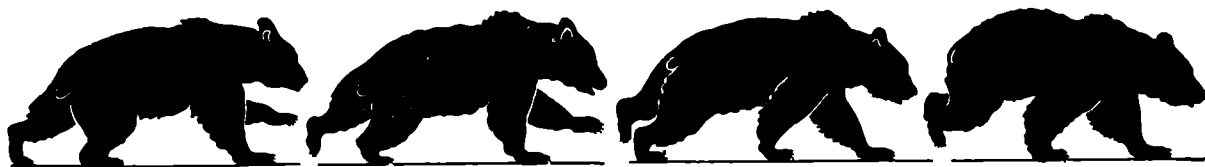


Схема расположения сил опоры при рептилийном (слева) положении конечностей и при расположении их, характерном для млекопитающих. Стрелками указаны силы, которые в первом случае целиком уравновешиваются работой мышц, а во втором — в значительной степени нейтрализуются сопротивлением костносвязочной системы задней конечности

щих приводит к такому выводу: для древнейших млекопитающих, передвигающихся по ветвям, парасаггитальное расположение конечностей не представляло никаких преимуществ. Более того, ползать и даже прыгать по ветвям было выгоднее, имея



Разнообразны аллюры современных млекопитающих.  
желый галоп лошади, внизу легкий галоп гепарда

Вверху замедленный галоп медведя, в середине тя-

«рептилийные» конечности. Таким образом, изучение локомоции животных ставит перед гипотезой о первично-лазающем образе жизни млекопитающих почти непреодолимые трудности.

Эти трудности, по мнению автора, отпадут, если морфологические признаки ископаемых форм рассматривать не как приспособления к лазанию, а как приспособления к рытью. «Оттопыренный» первый палец, унаследованный первичными млекопитающими от рептилий, так же как и «вращающиеся» передние конечности, облегчали небольшим зверькам добывание пищи в опавшей листве, среди лесной подстилки, в поверхностных слоях почвы. При разгребании (рытье) передние конечности животных двигались спереди назад или спереди вбок и назад, тогда как задние конечности упирались в землю. Но мы уже знаем, что такой упор требует гораздо меньших затрат мускульной энергии, если «рептилийное» расположение конечностей сменится характерным для современных млекопитающих.

Гипотеза о первичном полурукоющем образе жизни млекопитающих дает возможность понять природу движущих сил эволюции, приведшей к сложнейшим перестройкам анатомического и физиологического аппарата движения. Необходимость в быстром передвижении по самым различным субстратам (по скалам, земле, ветвям и т. д.) определила дальнейшее постепенное развитие разнообразных аллюров современных млекопитающих.

Проф. Н. В. Тимофеев-Ресовский

**СУДЬБА МУТАЦИЙ В ПОПУЛЯЦИЯХ**  
Постановка проблемы и некоторые направления ее разработки  
«Вестник Академии наук СССР», 1967, № 12, стр. 7—11

Загрязнение биосферы ионизирующими излучениями и в еще большей степени химикатами неизбежно приводит к увеличению числа мутаций среди самых различных видов животных. Более интенсивным становится мутационный процесс и в человеческой популяции.

Поскольку механизм эволюции и видообразования тесно связан с воз-

никновением новых наследственных изменений, многие мутации в скрытой (гетерозиготной) форме насыщают в определенной степени популяцию. В гомозиготном состоянии они в той или иной степени снижают жизнеспособность организмов или даже оказываются для них летальными. При возникновении добавочного давления мутационного процесса на популяцию результаты могут оказаться очень различными.

В общей форме дело обстоит так: если в данной популяции имеется  $N$  вредных мутаций на 1000 особей и вероятность выявления их в чистой (гомозиготной) форме еще очень мала, то добавочное количество таких же мутаций  $M$  (причем  $M$  может быть значительно меньше  $N$ ) может привести к тому, что в популяции окажется уже много нежизнеспособных особей или особей с пониженной жизнеспособностью. Очевидно, что величина  $M$ , вызывающая поражение популяции, зависит при прочих равных условиях от степени насыщенности популяции вредными мутациями до того, как начал действовать добавочный фактор, вызвавший усиление мутационного давления. Выяснение исходного, в определенной мере равновесного, генетического фона составляет одну из главных задач популяционной генетики.

Существуют различные методы генетического анализа, позволяющие уточнить характеристику популяций, но по отношению к человеку применим лишь один способ: установление путем опросов семейных анамнезов, т. е. выяснение того, страдал ли кто-нибудь в роду теми или иными наследственными заболеваниями. Но именно здесь встречаются большие трудности: обычно больной почти ничего не знает о своих дедушках и бабушках и ничего о более далеких предках. Без этих же сведений нельзя составлять популяционные прогнозы.

Следует учитывать и еще одно обстоятельство. В природе естественный отбор препятствует накоплению вредных мутаций, отсекая все случаи появления особей с пониженной жизнеспособностью. В цивилизованных

же странах люди резко снижают давление на них естественного отбора, доводя его в отдельных случаях до нуля. Поэтому насыщенность человеческой популяции вредными мутациями относительно велика, что делает людей особенно чувствительными к мутагенным факторам.

А. В. Смирнов

**СОСТОЯНИЕ ГОРНЫХ ЛЕСОВ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА БАЙКАЛА**

«Лесное хозяйство», 1968, № 1, стр. 21—22

За последние десятилетия хвойные леса в южной части бассейна Байкала сильно пострадали от вырубок и пожаров. Значительные площади кедровых и пихтовых лесов на Хамар-Дабане, лиственничных и сосновых на Приморском хребте сменились лиственными породами, рединами или нелесными сообществами, которые мешают всходам древесных пород. Тракторная трелевка сухостойных кедров, проводившаяся вниз по крутым склонам, привела к сильному разрушению маломощного почвенного слоя, к обнажению каменистой горной породы.

На сравнительно сухих склонах Приморского хребта происходит смена сосново-лиственничных лесов осиново-березовыми или осиновыми с богатым и разнообразным травяным покровом. На крутых склонах, особенно южных экспозиций, сведение лесов сопровождается гораздо более быстрым иссушением и остепнением, чем на Хамар-Дабане. В результате эрозии почвы после уничтожения леса появляются голые участки, на которых всходы быстро гибнут.

Во многих случаях деградация лесной растительности на склонах Хамар-Дабана и Приморского хребта связана с многолетней интенсивной пастбой скота. Замечен ущерб, который наносят лесам туристы, вытаптывая молодые всходы. Экспедиция 1961 г. показала, что только в Слюдянском лесхозе необходимо создавать лесные культуры более чем на 1700 га. Иначе возобновление леса растянется на многие десятилетия.

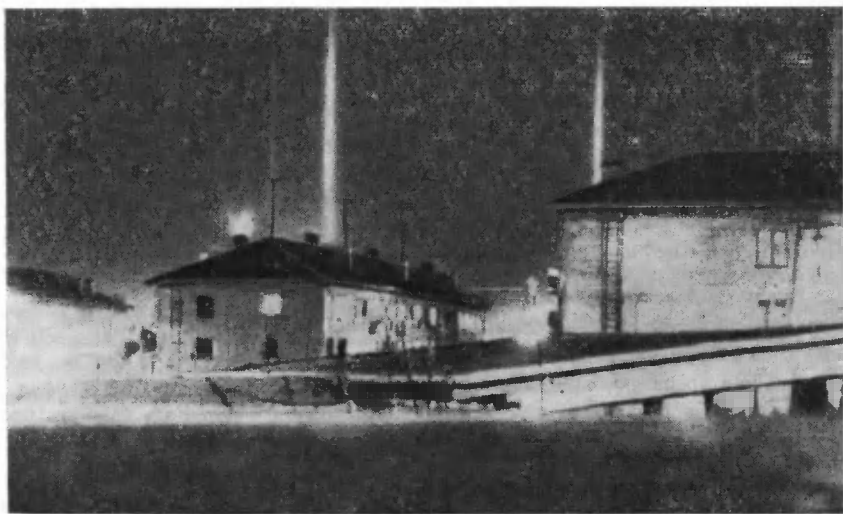
# Световые столбы над Новосибирском

Читатель В. С. Тесленко (из Новосибирска) прислал в редакцию редкую фотографию и краткое письмо, которое мы помещаем ниже.

Многие жители Академгородка видели в безветренную ночь 29 декабря 1966 г. при  $-42^{\circ}\text{C}$  интересное явление природы — световые столбы. Они довольно редко появляются в отдельные морозные ночи над яркими источниками света. Столбы строго вертикальны, и края их параллельны. При безветрии они ярче. Бывают иногда и при слабом снегопаде. Существуют они часами, иногда минутами, то затухают, то

действительно, служит украшением зимних ночей в Сибири. Эти световые столбы представляют собой частный случай большой группы оптических явлений в атмосфере, которые связаны с ледяными кристалликами и известны под названием гало, о чем «Природа» уже писала<sup>1</sup>. Столбы вызываются зеркальным отражением света от плоской грани кристаллика. Наблюдаются они над и под Солнцем (до 30—40 дней в году), и Луной, над наземными источниками света. Чем ярче такой источник, тем отчетливее столб.

Кристаллы, вызывающие гало, бывают двух типов. При небольших морозах в воздухе плавают ледяная пыль, состоящая из пластинок, а при очень низких температурах преобладают шестигранные призмы. Призмы ориентированы горизонтально и при падении вращаются вокруг горизонтальной оси. Вследствие этого вра-



Гало в виде световых столбов. Новосибирск, Академгородок, 29 декабря 1966 г.

вновь светятся ярко. Температура воздуха при этом бывает от  $-18^{\circ}$  до  $-42^{\circ}$ . Наилучший период наблюдения световых столбов — декабрь.

Редакция обратилась к профессору А. Д. Заморскому с просьбой прокомментировать сообщение читателя.

Сфотографированное и описанное В. С. Тесленко оптическое явление,

зависит от наклона зеркальных боковых граней все время меняется и перемещает изображение источника света по вертикали. Поэтому отдельный источник света дает изображение в виде световой полоски. Ширина ее лишь немного превышает угловые размеры источника света, так как яркость изображения быстро убывает в обе стороны и пороговая чув-

<sup>1</sup> «Природа», 1964, № 11, стр. 89.

Заметки,  
наблюдения

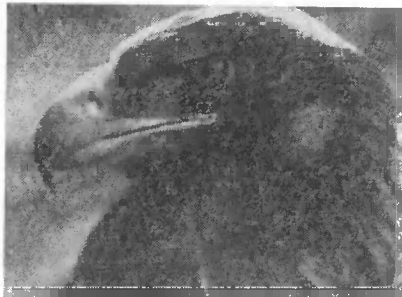
ствительность глаза ставит предел различимости световой дорожки. Световые столбы можно наблюдать над Солнцем в перистых облаках даже в летнее время, но при этом температура на уровне облаков бывает приблизительно  $-40$ ,  $-50^{\circ}\text{C}$ . Облака состоят из ледяных призм, которые и вызывают гало. У поверхности Земли при столь низких температурах тоже преобладают призматические кристаллы, создающие яркие световые столбы. Сильные морозы бывают в нашей стране при слабых ветрах, поэтому столбы имеют более отчетливые края. Все это объясняет связь световых столбов с характером погоды. В журнале «Природа» уже описывались случаи ярких гало даже в Башкирии при температуре  $-23^{\circ}\text{C}$ .

## Схватка орлов со змеями

Степной орел, как неоднократно отмечалось в литературе, — специализированный в отношении питания хищник, основным кормом которого считаются суслики. В результате интенсивного освоения целинных степей за последние десятилетия численность и районы распространения сусликов и их извечных преследователей — орлов резко сократились.

Попадая в районы, где суслики отсутствуют или численность их благодаря деятельности человека ничтожна, степные орлы начинают переходить на другое «меню»: питаются различными мышевидными грызунами (серыми крысами, хомяками, различными полевками и др.), а также птицами, подбирают и снующую рыбу. Оказалось, что они нередко нападают и на ядовитых змей. Так, в пищеварительном тракте орла, добытого близ устья реки Берды (Запорожская обл.), нами обнаружены остатки десяти гадюк.

Интересна охота этих хищных птиц на змей. Впервые схватку орлов со змеями нам довелось наблюдать на ожном побережье Таманского полуострова. Около небольшого берегового уступа Кизилташского лимана мы неожиданно наткнулись на шур-



шащий и извивающийся клубок змеиных тел, состоящий из нескольких десятков гадюк. Змеи грелись на солнце. Шевелящийся клубок пресмыкающихся привлек не только наше внимание. Высоко в небе парили три орла. Птицы в течение получаса кружили в воздухе, постепенно снижаясь. В бинокль было видно, как один из орлов ринулся в самый центр клубка, но сейчас же с пронзительным клекотом взмыл в воздух, не успев схватить ни одной гадюки. После неудачи орлы отказались от нападений с воздуха и перешли в наземную атаку. Птицы почти одновременно опустились на землю и, раскачиваясь, направились прямо к разтревоженным пресмыкающимся. Подойдя к ним с трех сторон, они начали молниеносно рвать их на части клювами и когтями, ловко увертываясь от бросков гадюк и отбрасывая нападающих мощными ударами крыльев.

В течение 10—15 минут клубок был разорен, большая часть змей была умерщвлена или покалечена и лишь немногим удалось спастись бегством. В течение часа орлы добывали раненых и пожирали убитых.

Случаи нападения пернатых хищников на змей нам потом приходилось наблюдать неоднократно. В частности близ береговых обрывов Таганрогского залива и Ейского лимана Азовского моря, где весной расплодилось много пресмыкающихся (местами до 160 степных гадюк и 12 ужей на 1 км пути). После прошедших обильных дождей стояла теплая погода, и выползшие из изломов и трещин змеи грелись на солнце, резко выделяясь на светло-желтом фоне кромки обрывов. Массовые скопления змей привлекли сюда стаи степных орлов, а также больших и малых подорликов, змеядов, пустельг и да-

же скоп. Характер нападения на змей почти у всех этих птиц (за исключением пустельг и скоп) был одинаков. Подлетая к обрывам, птицы сначала присаживались на какие-нибудь возвышения — стога сена, кустарник, пни, деревья или холмики земли, а затем уже направлялись к добыче. Подойдя к свившемуся клубку, птицы резкими движениями выдергивали из груды тел змею и, отскочив в сторону, торопливо пожирали ее. Так повторялось несколько раз. Нередко на помощь одной птице подлетали другие, в том числе и представители разных видов. Это часто наблюдалось, когда потревоженный нападением одиночной птицы клубок начинал расплзаться в разные стороны. Так, у одного клубка змей, состоявшего из 40—50 экземпляров, сначала кормился один большой подорлик, затем к нему подлетели два степных орла.

С одиночным ядовитым пресмыкающимся хищные птицы обычно справляются легко и быстро. Но иногда поединки заканчиваются трагически и для птиц. В местах описанных схваток мы нашли несколько мертвых птиц: двух подорликов, степную пустельгу, скопу. Все птицы были хорошо упитаны и не имели никаких повреждений. Скорее всего это был результат змеиного яда. Даже для таких «профессиональных» змееловов, как змеяды, поединки со змеями, вероятно, не всегда проходят бесследно.

В. И. Харченко,  
В. А. Миноранский  
Ростов-на-Дону

## Необычное стадо лосей

Инстинкт стадности у лосей развит слабо, и обычно это объясняют тем, что большим скоплениям этих животных при их высокой потребности в пище трудно было бы найти подходящие уголья для более или менее длительного обитания.

Действительно, в отличие от многих других копытных, у лосей до са-

мого последнего времени ни разу не наблюдалось образования больших стад, несмотря на то, что этот вопрос детально изучался во многих частях их ареала. Исследованиями установлено, что во все сезоны года лоси держатся в угодьях либо поодиночке, либо небольшими семейными группами.

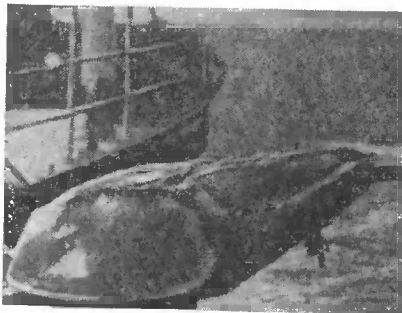
В связи с этим весьма интересен случай, свидетелями которого нам пришлось быть на Кольском полуострове. 20 марта 1967 г. мы совершали очередной полет с целью авиаучета численности лосей и северного оленя. В районе верхнего течения Паны наше внимание привлекла широкая тропа, которую мы вначале приняли за оленью. Но вскоре мы обнаружили большое стадо лосей, расположившихся на отдых в молодом, редком сосняке. Облетев несколько раз стоянку, мы подсчитали животных. Их оказалось 52. Осмотр района, откуда пришли лоси, убедил нас в том, что стадо в течение нескольких дней держалось вместе и продвигалось в направлении с юго-запада на северо-восток. При этом лоси шли по одной тропе шириной в 4—5 м.

Мы предполагаем, что в данном случае нам пришлось наблюдать миграцию лосей в поисках более кормных мест. Однако причина образования такого большого стада лосей остается загадкой: и во время миграций лоси тоже никогда не образуют больших стад.

О. С. Русаков  
Ленинград

## Сюрпризы океана

В одном из последних рейсов мурманский траулер «Достоевский» работал в северо-западной Атлантике, на банке Джорджес. Промысел шел, как обычно, на отутюженных подводных полянках — от каньона до каньона, по глубинам 200—300 м. «Клевало» средне — 4—5 т за час. И вдруг внимание матросов привлекли два непонятных предмета, поднятых тралом на палубу: не то животные, не то маски для электросварки... Загадочный предмет испытали на сжатие, деформацию...



Сверху предмет напоминал маску для электросварки, а снизу... выдавал свою причастность к ракоскорпионам

Фото автора

Вентральная сторона представляла собой 12 пар членистых конечностей: шесть пар грудных располагались по бокам продольного щелевидного рта; первая пара была вооружена клешнями, остальные пять служили ходильными ногами. Их первые фаланги у рта образовывали челюстной аппарат в виде жевательных пластинок, а последние оканчивались уплощенными лопаточками с двумя коготками.

К брюшку плотно прижимались шесть пар тонких листовидных конечностей, по-видимому, служивших гребным органом при плавании; поверхность их была усеяна многочисленными жаберными секциями. Брюшко оканчивалось трехгранным шиповатым хитиновым стилетом в четверть метра длиной, явно боевого назначения. Коксальные железы выделяли характерный мускусный запах, настолько крепкий, что он в воде вполне мог служить животному химической защитой.

Эллипсоидальная «маска для электросварки» состояла из двух крепких куполообразных хитиновых пластин, бронировавших животное свер-

ху. На лобно-теменной грани их выступала пара маленьких глаз. Удивительный обитатель океана был пойман в водах, соседних с заливом Мэн (здесь, по американским данным, еще в конце прошлого столетия штормом был выброшен на берег труп гигантского морского ящера). Так что было из-за чего поволноваться: похоже, что загадочный объект принадлежит к древнейшему на Земле и вымирающему классу ракоскорпионов *Palaeostraca*. Нынешние пресноводные формы его *Arus*, *Branchipus* размерами не превышают пяточка, в то время как ископаемые океанские достигали 2 м. Так что же на самом деле оказалось в трале?

Вопрос разрешился через несколько дней: в том же районе был выловлен третий экземпляр. Теперь сомнения рассеялись: перед нами был мечехвост (*Limulus polyphemus*) — гигантский морской ракоскорпион из подкласса *Xiphosura*. Он был темно-зеленого цвета, достигал в длину 65 см (с хвостом) и напоминал кибернетическую «черепаху» для подводных исследований...

В настоящее время в океане сохранились лишь четыре вида мечехвостов: три — у южного побережья восточной Азии и один — в районе Нью-Йорка. Известны они у побережья на мелководье как ползающие и закапывающиеся формы. Для науки они представляют особый интерес как редкие представители вымирающего класса животных, к тому же являющегося переходной группой между исчезнувшими с лица Земли трилобитами и паукообразными.

В. Л. Шарошкин  
Мурманск



# Проблемы теоретические и практические

Кибернетику — на службу коммунизму.

Сборник статей под ред. акад. А. И. Берга  
Изд-во «Энергия», 1967, 420 стр.,  
ц. 2 р. 36 к.

Общая направленность статей определяется задачами сборника, отраженными в его заголовке: речь идет об использовании средств кибернетики в народном хозяйстве, в научных исследованиях, в процессе обучения, в разработке лингвистических и многих других задач.

Многие конкретные проблемы, над которыми сейчас работают кибернетики, связаны с ситуациями, возникающими всякий раз, когда обычные, «некибернетические» способы решения задач оказываются неэффективными. В первую очередь, естественно, это обнаруживается в области экономики и техники. «Воздушные перевозки интенсивно развиваются, в связи с чем неуклонно растет густота движения... Если учесть, что в больших... городах эксплуатируется не один, а несколько аэродромов, то легко понять, что в воздушном пространстве... концентрируется значительное количество самолетов, особенно в часы «пик» (стр. 191, статья И. Я. Аксенова «Проблемы применения кибернетики на транспорте»). Поэтому, заключает автор, необходимо разработать общую систему автоматизации воздушного движения, а это требует кибернетических методов решения сложных задач. В той же статье обсуждается и «проблема кассира»: выяснилось, что без средств кибернетики нельзя обеспечить хорошее обслуживание более чем 2 млрд пассажиров, желающих ежегодно приобрести билеты в железнодорожных кассах.

В сборнике широко освещено то влияние, какое развитие кибернетики оказывает на решение многих кардинальных научных проблем. В качестве примера сошлемся на статью П. К. Анохина, Е. Б. Бабского, С. Н. Брайнеса и др. «Биологическая и медицинская кибернетика». Авторы статьи пишут: «Развитие биологической и медицинской кибернетики повлекло за собой пересмотр некоторых сложившихся представлений, основанных на признании решающей роли внешней среды в эволюционном развитии... Кибернетический подход выразился здесь в создании так называемой биологии (физиологии) ак-

## Книги

В сборнике представлены все основные школы советских ученых, разрабатывающие теоретические и прикладные направления кибернетики. В каждой статье, а их в сборнике 14, более или менее четко выдерживается единый принцип изложения материала: краткое изложение истории вопроса, достаточно полное описание ведущихся в настоящее время исследований и обсуждение проблем, которые предстоит решить в ближайшем будущем. При таком подходе ясно выявляется не только молодость кибернетики в целом, но, если так можно выразиться, младенческий возраст ее отдельных направлений, имеющих, однако, весьма актуальное значение.

Так, статья «Современные проблемы технической кибернетики» (авторы Д. М. Беркович, С. И. Бернштейн, А. А. Воронов и др.) начинается указанием на то, что «20 лет назад еще не существовало самого понятия «техническая кибернетика». Ю. И. Черняк, Е. З. Майминас и В. М. Жеребин подчеркивают, что «Экономическая кибернетика — вся в становлении, в расширении своих рамок, в упорядочении понятий и подходов». С. Н. Брайнес, М. Г. Гаазе-Рапопорт, И. Б. Гутчин и др. в статье «Бионика» оговаривают, что эта наука, «как самостоятельное направление существует всего несколько лет».

тивности, трактующей жизнедеятельность организма не как процесс «уравновешивания» со средой, а как процесс активного воздействия организма на среду...» (стр. 214—215). Этот принципиально новый подход к изучению явлений жизни подробно обсуждается и в статье «Философские вопросы кибернетики».

В аннотации на книгу указывается, что сборник знакомит с «результатами, полученными советскими учеными за последнее десятилетие». В действительности же его содержание значительно шире, поскольку, как подчеркнул акад. А. И. Берг, в настоящее время советские ученые разрабатывают все разделы кибернетики, представленные в мировой науке.

Сборник рассчитан на широкий круг читателей. В соответствии с этим изложение достаточно популярно и в то же время отличается высоким научным уровнем. Все статьи снабжены обширными библиографическими указателями.

С. В. Владимирова  
Москва

## Леса нашей планеты

П. В. Васильев

Земля лесная

Очерки о советских и зарубежных лесах

Изд-во «Наука», 1967, 240 стр., ц. 42 к.

Среди природных богатств видное место принадлежит лесам. С полным основанием П. В. Васильев пишет о том, что традиционный интерес к положению лесного хозяйства и к судьбам лесов в нашей стране в настоящее время «слился с общенародной заботой о зеленом убранстве Советской земли и в то же время получил прочную опору в выводах науки о широком физико-географическом, экономическом и культурном значении лесов в жизни общества...» (стр. 5).

Участию культурных сил страны в организации бережного использования и планомерного восстановления лесных богатств мешает, однако, то, что сведения о лесах публикуются преимущественно в специальной литературе, оставаясь неизвестными широкому кругу читателей. Поэтому выход рецензируемой книги следует всячески приветствовать.

В первой главе «Лес во власти земли» мы встречаем периодизацию отношения человека к лесу, включающую три периода: в первом человек зависит от леса, во втором он выступает как разрушитель леса, в третьем становится его творцом. Не во всех районах нашей обширной страны легко проследить эти три периода. Есть места, где до сих пор шумят необозримые леса. В бассей-

не р. Вычегды, например, площадь лесов больше, чем вся территория Франции. Но есть и такие места, где лес был полностью или почти полностью сведен.

В книге много интересных фактов и цифр. Так, мы узнаем, что треть всей площади суши покрыта лесами и почти пятая часть этой площади приходится на долю Советского Союза. Годичный прирост древесины составляет у нас 800 млн м<sup>3</sup>, т. е. вдвое больше максимальных ежегодных заготовок. Эта цифра заставляет задуматься: уничтожая в более доступных районах во много раз больше леса, чем может возобновиться, мы оставляем гнить на корню целые лесные массивы в районах, отдаленных от транспортных артерий. В этой же главе автор излагает основы учения о биогеоценозах, созданное и разработанное акад. В. Н. Сукачевым.

В разделе «Лес и флаги наций» рассказывается о том, насколько сильно различаются страны по лесистости, количеству леса, приходящегося на одного жителя, и по интенсивности использования лесов. Оказывается, что на страны с развитой лесной промышленностью, в которых проживает треть населения земного шара, приходится две трети освоенной человеком лесной площади, 85% заготовок леса и 85—95% выработки пиломатериалов, фанеры, целлюлозы, картона и бумаги.

В социалистических странах находится более четверти лесных площадей земного шара, которые дают 36% мирового объема лесозаготовок, 40% выпуска пиломатериалов, но только 12% бумаги и картона, 10% целлюлозы, 13% фанеры. Таким образом, более глубокая переработка древесины в этих странах отстает пока от мирового уровня. Об этом же свидетельствует и производство бумаги и картона на душу населения: в США — 190 кг, в Швеции — 118, во Франции — 56, в СССР — 18. Приводимые автором данные заставляют задуматься над путями развития лесной промышленности в Советском Союзе и других социалистических странах.

Леса Центральной и Южной Америки, Африки и Юго-Восточной Азии,

занимающие огромную площадь в 2400 млн га, в отличие от Европы, Северной Америки, Северной и Восточной Азии, освоены лишь на 18%. Это объясняется не столько особенностями тропических лесов, сколько нищетой и культурно-технической отсталостью народов этих стран. Распад колониальной системы уже привел к увеличению в этих странах заготовок деловой древесины и общего объема лесозаготовок.

В книге хорошо описаны леса Советского Союза и ряда зарубежных стран. Живости описаний способствует то, что автор сам побывал во многих странах и особенности лесов наблюдал своими глазами. К сожалению, именно в этом разделе, охватывающем главы «Наши лесные дали», «За океаном», «У северных соседей», «По ту сторону западных границ», довольно значительно число фактических ошибок, о которых мы скажем далее.

При определении судеб лесов в капиталистических странах существенно то, что вопреки общей тенденции привлечения капитала к отраслям промышленности, сулящим максимальные прибыли (а вложения капитала в лесное хозяйство окупаются медленно), имеются два обстоятельства, действующих в противоположном направлении: это увеличение площади лесохозяйственных работ в целях расширения сырьевой базы для целлюлозно-бумажной промышленности и уменьшение площади земель под сельскохозяйственными культурами вследствие повышения их урожайности.

Необычайно широки возможности использования древесины. Как указывает П. В. Васильев, по достаточно достоверным данным известно до 15 тыс. различных изделий из древесины, причем это число может возрастать и дальше.

При общем бурном росте потребления древесины в ее промышленном использовании происходят глубокие качественные сдвиги: резко падает доля дровяной древесины, основными потребителями сырья становятся отрасли глубокой ее переработки (производство фанеры, вискозной

целлюлозы, картона, бумаги, штампованных и листовых материалов). Неограниченны возможности повышения «коэффициента полезного действия» древесины, использования ее отходов для химической переработки и разного рода прессованных материалов, что резко повысит общую ценность продукции, даваемой лесом. Так, в старых районах лесного промысла в России стоимость всех продуктов, получаемых из лесного сырья с 1 га, составляла в 1913 г. (в сопоставимых ценах) 13 руб., к 1940 г. достигла 28, а к 1963 г. — 35 руб., что, однако, еще в 2—3 раза ниже, чем в странах наиболее развитой лесной промышленности.

Продуктами, получаемыми в результате переработки леса, его значение не ограничивается. В главе «Хранительные дубравы» автор убедительно показывает, как лес влияет на климат, на режим рек. Эти, в общем довольно широко известные, соображения иллюстрированы свежими примерами. Подробно освещена и история степного лесоразведения. В частности, прямо и четко говорится о том вреде, который был нанесен этому большому делу широким применением рекомендаций Т. Д. Лысенко о гнездовых посевах древесных пород, об использовании территории лесных полос в первые годы для посева сельскохозяйственных культур и пр.

В книге дается характеристика отдельных замечательных деревьев, сохранившихся там и здесь, описываются основные этапы развития лесной науки и лесоводческих учебных заведений; в последней главе («Беседа на лесной опушке») автор еще раз останавливается на бедах, грозящих лесу (лесные пожары, чрезмерные рубки и пр.), и на необходимости его охраны.

Все литературные ссылки вынесены в примечания, помещенные в конце книги, что, несомненно, облегчает чтение. Язык книги очень простой, за исключением немногих мест, она читается легко и с интересом. Безусловно, «Земля лесная» представляет популярный и всесторонний очерк различных аспектов жизни леса и лесного хозяйства. Книга, несомнен-

но, найдет широкий круг читателей и будет способствовать выработке сознательного отношения к использованию лесных богатств. Тем более досадны более или менее грубые промахи, которые касаются, как было уже сказано, преимущественно экологии и географического распространения отдельных древесных пород и лесов.

Укажем на некоторые из них. Так, автор утверждает (стр. 34), что только в тайге и в тропических лесах можно наблюдать в настоящее время два различных процесса смены поколений: смену стихийную, происходящую без участия человека, и смену, вызываемую хозяйственной деятельностью. Я полагаю, что в настоящее время оба эти типа смен могут быть встречены в любых лесах. Странно утверждение (стр. 45), что «лес в степи и полупустыне уже не делает погоды ни в переносном, ни в прямом, смысле». Известно, что лесные насаждения в степной полосе способствовали увеличению количества осадков, возрастанию относительной влажности воздуха и даже смещению к югу границ подзона степной зоны.

Основной район распространения болотного кипариса в США не «поймы Миссисипи», как утверждает автор (стр. 53), а Флорида. Нельзя писать «сосна пандероза» (стр. 54) — это, по выражению бессмертного Грибоедова, представляет типичную «смесь французского с нижегородским». На стр. 56—57 автор, характеризую секвойю, не делает различия между ее двумя видами. Начальную часть описания следует отнести к секвойе вечнозеленой, а все остальное — к секвойе гигантской. Из текста же создается совершенно неправильное представление, будто в США имеются леса из секвойи гигантской. В советской литературе уже приводились сведения о том, что предельная высота австралийских эвкалиптов не превышает 95 м, однако автор (стр. 57) утверждает, что эти деревья достигают 135 м высоты при 46 м в окружности, что также сомнительно.

Вряд ли правильна приводимая автором (стр. 99) мысль о том, что поскольку, по К. Марксу, опустошение земли в ходе развития культуры грозит

тогда, когда культура развивается стихийно, но не направляется сознательно, «это положение полностью отводит опасность обезлесения стран социалистической системы». Мне представляется, что залогом успеха является не самый факт перехода к социализму, а познание законов природы и использование их в интересах человека, что, несомненно, возможно лишь при социализме. У всех на глазах пример, как игнорирование законов природы акад. Т. Д. Лысенко и его учениками привело к провалам при организации системы лесных полос.

Совершенно неверно утверждение автора (стр. 44), что из всей Сибири только на Алтае сохранились небольшие массивы липы и встречаются другие породы, свойственные хвойно-широколиственным лесам. На самом деле именно на Алтае ни липы, ни других широколиственных пород нет, островки же липы имеются в Кузнецком Алатау и в Красноярском крае. Еще одно замечание: В. И. Ленин заинтересовался не книгой В. Н. Сукачева о лесных болотах (стр. 115), которой не существует в природе, а книгой этого автора, называющейся «Болота, их развитие, образование и свойства».

Эти ошибки, из которых мы указали лишь часть, особенно досадны в хорошей книге, и хотелось бы, чтобы в следующем издании, которое, несомненно, потребуется, они были исправлены. Этим желанием и продиктовано упоминание о них.

Профессор А. Г. Воронов  
Москва

## Отважный путешественник и выдающийся ученый

Н. И. Леонов  
Александр Федорович  
Миддендорф  
Изд-во «Наука», 1967, 147 стр.,  
ц. 50 коп.

Александр Федорович Миддендорф — это имя сейчас многим едва знакомо, а в начале 40-х годов прошлого столетия оно было широко известно. Экспедиция Миддендорфа по Сибири стоит в одном ряду с прославленными географическими исследованиями П. П. Семенова-Тян-Шанского, Н. М. Пржевальского, Н. А. Северцова, А. П. Федченко, Г. Н. Потанина и многих других путешественников по Азии. Но до сих пор Миддендорф оставался как-то в тени. 150-летний юбилей со дня рождения ученого заставил вспомнить о нем: появились статьи, брошюры, этой дате была посвящена в Тарту специальная научная конференция; наконец вышла книга, о которой идет речь.

В ней — краткий биографический очерк, развернутые характеристики (в виде отдельных глав) Миддендорфа как биогеографа, мерзлотоведа и климатолога, гидрографа, путешественника-первооткрывателя, специалиста по орошаемому земледелию. Проф. Н. И. Леонов последовательно и достаточно подробно описывает замечательные по своим результатам, полные научных подвигов, а порою и драматических эпизодов экспедиции ученого. Всесторонне рассматривая многообразные труды А. Ф. Миддендорфа, его дневники и переписку, широко привлекая также архивные и литературные источники,

Н. И. Леонов воссоздает образ ученого и гражданина, обладавшего на редкость широким кругозором и обширным диапазоном интересов. Автор справедливо подчеркивает, что не только многие идеи, предположения и прогнозы этого ученого XIX в., но и вся его научно-общественная деятельность во многом близки и созвучны нашей эпохе. Не говоря уже о неоспоримых заслугах Миддендорфа в области зоогеографии и ботанической географии, в деле научного открытия и изучения Сибири, а также Средней Азии, в работе Н. И. Леонова отчетливо показаны роль этого ученого в создании Русского географического общества, в демократизации и оживлении работы Вольноэкономического общества, успешная и самостоятельная деятельность Александра Федоровича на посту неперменного секретаря Академии наук.

В книге обращено внимание на множество оригинальных и плодотворных мыслей, высказанных Миддендорфом в его экспедиционных отчетах. Особенно автор выделяет рекомендации ученого по линии хозяйственной жизни и «экономической политики» в только что присоединенной тогда к России Ферганской области. При этом Н. И. Леонов, сам знаток Узбекистана, вполне основательно утверждает, что соображения Миддендорфа об ирригации Ферганской долины до сих пор не утратили своей актуальности.

Книга написана в результате тщательного изучения наследия А. Ф. Миддендорфа и литературы о нем. Большая эрудиция и свободное владение материалами сочетаются у Н. И. Леонова с глубоким пониманием личности своего героя, с большой любовью к нему.

Однако при всем положительном отношении к рецензируемой книге хочется сделать несколько частных замечаний. Вызывает некоторое недоумение упорство, с каким автор применяет по отношению к Миддендорфу слово «землепроходец». Несмотря на любовь самого Миддендорфа к этому «полновесному» слову, едва ли стоит применять к ученому XIX в. термин, имеющий в ис-

тории географии, так же как и термин «мореходец», вполне определенный установившийся смысл. Едва ли можно утверждать, что «условия, в которых наш ученый путешествовал по Дальнему Востоку, ничем не отличались от тех условий, в которых продвигались по таежным дебрям первые землепроходцы за два столетия до Миддендорфа» (стр. 71). Ведь к «условиям» надо относить не только природную обстановку и путевые трудности, но и оснащенность экспедиции, уровень знаний «землепроходцев», экспедиционный опыт, навыки.

В книге упомянуто немало имен ученых. И только о двух-трех из них мы находим сведения в подстрочных примечаниях. Почти не раскрытыми остаются даже личности спутников Миддендорфа: Брандта, Фурмана, Ваганова — не говоря уж о многих других, названных в тексте. Порой утомляет обилие цитат. Разумеется, их нельзя было избежать, когда речь идет о сочинениях самого Миддендорфа, ставших ныне библиографической редкостью, но передать, например, сказанное академиком Ф. В. Овсянниковым об академике Бэре, право же, можно было бы и своими словами. Тем более, что книга в целом написана хорошим, ярким и образным языком и автору не было нужды «занимать» меткие выражения у других.

Г. П. Богоявленский  
Москва

## Энциклопедия морской спелеологии

Р. Ридль  
Биология морских пещер.  
Изд-во Пауль Парей,  
ФРГ, 1967, 636 стр.

После второй мировой войны, и особенно в последнее десятилетие, широко развернулись исследования моря с помощью аквалангов и изучение морских пещер. Новые технические возможности и энтузиазм исследователей дали поистине блестящие результаты; наши сведения о жизни в глубине пещер и в близких, но прежде недоступных прибрежных водах стали неизмеримо богаче. Теперь на очереди стоит проблема освоения морского дна до глубины 20—30 м и организация здесь подводного хозяйства для разведения полезных человеку растений и животных. Однако, как это ни странно, морские пещеры до последних лет привлекали к себе очень немногих исследователей. Пожалуй, впервые совместил в себе роль спелеолога и океанолога известный венский зоолог профессор Руперт Ридль, организовавший и возглавивший в 1952 г. первую специальную экспедицию для изучения морских пещер Средиземного и Адриатического морей. В дальнейшем Р. Ридль и его ученики ежегодно посещали Адриатику. В результате долголетнего труда появилась книга, в которой всесторонне описаны морские пещеры и их обитатели.

Большое внимание в книге уделено топографии пещер, их происхождению и классификации. Разнообразие пещер на берегах Средиземного и

Адриатического морей чрезвычайно велико. Не говоря уже о размерах и форме, они различаются также и по способам сообщения с внешней средой. Одни пещеры целиком заполнены водой, другие имеют воздушный купол.

Автору этих строк посчастливилось посетить некоторые из пещер Адриатики. Особенно хороши те из них, вход в которые начинается под водой недалеко от поверхности. «Проветривается» такая пещера только во время сильного прилива, когда отхлынувшая волна на несколько секунд обнажает вход. Проплыв по короткому водному коридору, можно вынырнуть и дышать уже «пещерным» воздухом. Все здесь окрашено в голубые тона, так как дневной свет проникает лишь через водный световый фильтр. Естественная освещенность большинства пещер весьма невелика и это сказывается на их населении. Так, здесь встречается очень небольшое число видов зеленых (19) и бурых (9) водорослей, зато весьма обильна флора красных водорослей, насчитывающая 82 вида. Интересно отметить, что красные водоросли, обитающие обычно в самом нижнем поясе, где еще возможно развитие растений<sup>1</sup>, поселяясь в затененных пещерах, иногда оказываются очень близко к поверхности. В тех пещерах, где света даже для красных водорослей оказывается недостаточно, растительный корм исключается из пищевых цепей. Пополнение органических веществ таких пещер происходит лишь за счет проникания в них различных подвижных животных.

В книге дается подробный перечень всех обнаруженных в пещерах и полостях животных. Среди них 168 видов губок, 92 — кишечнополостных, 191 — червей и червеобразных, 72 — моллюсков, 108 — ракообразных, 20 — иглокожих, 43 вида рыб и много других животных. Всего в пещерах Адриатического и Средиземного морей, по подсчетам автора, встречено 882 вида различных животных, причем часть из них постоянно держится в пещерах, а другие периодически

<sup>1</sup> В зависимости от прозрачности воды этот предел несколько колеблется, но в среднем равен 200 м.

ски туда заходят. Естественно, что такое обилие материала позволило значительно уточнить сведения о флоре и фауне. Одних только новых видов было описано 60. Даже среди хорошо изученных групп животных — моллюсков и ракообразных — были обнаружены новые виды. Из пещерных губок новыми оказались 18% видов, а из ресничных червей — даже 42%.

Подробно изучив условия жизни в пещерах и состав их населения, автор рассматривает их как особую систему, ведущую свое начало от сообществ организмов литорали. Всестороннее изучение жизни в морских пещерах и подробное описание ее проявлений делает книгу Р. Ридля поистине энциклопедией морской спелеологии.

Пожалуй, лишь один аспект исследования морских пещер остался в книге нерассмотренным. Речь идет о влиянии на пещерные флору и фауну приливо-отливных течений. Объясняется это отсутствием приливов и отливов в исследуемых морях. Тому, кто в будущем займется изучением периодически заливаемых и осушаемых пещер, несомненно, откроются очень интересные возможности для ознакомления с особенностями их биологии.

В этой связи нельзя не упомянуть об открытии участниками 11 Советской Антарктической экспедиции Е. Н. Грузовым, В. М. Проппом и А. Ф. Пушкиным совершенно новой фауны полостей, образующихся в подводной части льдов у берегов Антарктики. Значит, будущее морской спелеологии весьма перспективно.

Книга снабжена 350 картами, схемами, рисунками, фотографиями, среди которых свыше 20 цветных. Особенно велика ценность фотографий отдельных обитателей пещер и целых их биоценозов, дающих очень полное представление о жизни в морских пещерах.

Д. В. Наумов  
Доктор биологических наук  
Зоологический институт АН СССР (Ленинград)

## Элементарная инженерная сейсмология

С. В. Медведев, Н. В. Шебалин  
С землетрясениями можно спорить  
Изд-во «Наука», 1967, 129 стр., ц. 20 к.

В книге известных советских сейсмологов рассказывается о том, как следует бороться с самым страшным по своим бедствиям стихийным явлением. Конечно, предотвратить землетрясение невозможно, и речь в данном случае идет совсем не об этом. Важно сделать землетрясения безопасными. При этом нужно учитывать, что они действуют очень коварно, наступают внезапно, часто без всяких предвестников, а предсказать время наступления землетрясения мы пока не можем.

Самый эффективный способ борьбы с землетрясением — это антисейсмическое строительство. Сооружения должны быть такими, чтобы они выдерживали самое сильное из возможных в данном месте землетрясений. Максимально возможные баллы землетрясения показаны на картах сейсмического районирования, которые приведены в книге для всех наших сейсмических областей (Прикарпатье, Крым, Кавказ, Средняя Азия, Алтай, Саяны, Прибайкалье, Дальний Восток). Здесь возможны землетрясения в 5—6 баллов и больше. Другая важная характеристика землетрясения — магнитуда (в переводе с англ. — величина). Читатель получает отчетливое представление о ее тесной связи с балльностью и глубиной очага землетрясения.

Большое значение для антисейсмического строительства имеет микро-районирование, т. е. районирование

по балльности небольших площадей Земли, занимаемых тем или иным населенным пунктом. Здесь намечается отчетливая зависимость от грунтов. Наиболее надежны скальные грунты, а самые худшие — мягкие илистые или глинистые. Песчаные грунты в этом отношении занимают промежуточное положение. Таким образом, строительство на песке — не всегда худший вариант. В заключительных главах книги содержится ее главная тема: как строить здания, чтобы они противостояли землетрясениям. В приложении приведена международная шкала сейсмической интенсивности.

К сожалению, авторы не приводят сведений о причинах землетрясений и источниках их энергии, хотя в аннотации и говорится о том, что землетрясения происходят за счет «неисчерпаемого источника энергии, которая, освобождаясь из земных недр, способна вызывать грандиозные разрушения». Не имея четких представлений о происхождении землетрясений, мы можем бороться с ними лишь вслепую. Между тем за последнее время появились новые материалы, касающиеся вопросов происхождения землетрясений. Даже в рецензируемой книге на стр. 74 воспроизведена фотография последствия землетрясения в 1964 г. в Ниигате (Япония). О сжатии земной коры в продольном направлении можно заключить по деформации рельсов, а о растяжении в поперечном направлении — по обрушению моста. Аналогичная деформация рельсов Тихоокеанской ж. д. произошла при землетрясении 1952 г. в горах Техачапи (запад США), когда, по выражению канадского сейсмолога Дж. Ходжсона, рельсы были смяты, как макароны. Сжатие коры в некотором направлении (главная сжимающая компонента напряжения) по законам механики вызывает ее растяжение в перпендикулярном направлении (побочная растягивающая компонента), как это отмечено в Ниигате. Вообще вся Япония, где происходит очень много землетрясений, подвергается мощному горизонтальному сжимающему напряжению, направленному потерек простирания ее островов. Японский уче-

ный Исимидзу Амаэ в 1965 г. пришел к выводу о боковом давлении на Японские острова со стороны Тихого океана. На наличие поперечных сжимающих горизонтальных напряжений в соседней с Японией Курило-Камчатской области в 1962 г. обращал внимание и известный советский сейсмолог Е. Ф. Саваренский.

Ничего не говорится в книге об анализе напряженного состояния в очаге землетрясения по методике А. В. Введенской. Хотелось бы также знать, как выгоднее располагать здания в сейсмических областях по отношению к возможным эпицентрам землетрясений — торцом или фасадом, а, может быть, это не имеет значения?

А. И. Рыбин  
Москва

## Жизнь маленького атолла

М. Бейтс и Д. Эббот

Остров Ифалук

Сокр. перевод с английского, Изд-во «Наука», 1967, 254 стр., ц. 68 коп.

Ифалук — крохотный кольцеобразный риф (на  $7^{\circ}15'$  с. ш.,  $144^{\circ}27'$  в. д.) в западной части Каролинского архипелага, площадью менее  $2 \text{ км}^2$  и населением в 260 человек — находится в Микронезии.

Для ученых до сих пор остается загадкой, как, когда и откуда попали сюда люди, но случилось это во всяком случае за много веков до появления в Океании европейцев. Микронезийцы — прирожденные моряки. Их навигационное и судостроительное искусство позволило им сообщаться с другими островами.

Впервые этот клочок суши был обнаружен английским капитаном Уилсоном в 1797 г. Во время своего кругосветного путешествия 1826—1829 гг. здесь останавливался и русский мореплаватель Ф. П. Литке, нанеся остров на карту и определивший его местоположение. Микроскопический атолл последовательно переходил из рук испанцев к немцам, японцам и американцам. Вследствие своей удаленности он пока счастливо избегал последствий всеокрушающей «цивилизации». На нем не успели даже побывать миссионеры. Его обитатели сохранили свой физический и внутренний облик, язык, культуру, самобытность.

Захватив Микронезию фактически в 1945 г., американцы получили над ней опеку в 1947 г. Они сразу же стали использовать острова для атомных испытаний (Бикини, Эниветок) и стартовых площадок (о-в Тиниан).

Для изучения атолла США отправляли туда научные экспедиции. Деятельность последней (1957 г.) и описана

двумя ее участниками в этой книге. Экспедиция была укомплектована учеными разных специальностей.

В содержательном предисловии Д. Д. Тумаркина и в редакционных примечаниях к тексту приводится библиография по исследованию этой части Океании и история ее захвата с XVI в. Авторы поверхностно касаются отношений и обязательств опекуна (США) к подопечным (островам), политика их не интересует. Но они с увлечением освещают и сам атолл, и характер и особенности его обитателей. Сюда входят: антропология (включая этнографию), геология, гидрология, гидробиология, биология, зоология, ихтиология, ботаника. Дружественно настроенные и чуждые расизма члены экспедиции с уважением относятся к местным обычаям, восхищаясь ловкостью, находчивостью, выдержкой, юмором ифалукцев и отсутствием у них алчности.

Книга многообразна. Она и познавательна, и развлекательна. Написана живо, с большим юмором и не оставляет читателя равнодушным, заставляя над многим задуматься. Научные исследования чередуются с красочными описаниями кораллов, с бесчисленными обитателями лагуны, этого «мира лазоревых замков в море жидкого хрустала», а также уклада жизни и проявления художественных вкусов островитян.

На острове не бывает эпидемий и полностью отсутствуют дикие звери, но зато жители непрерывно страдают от несметных туч москитов и мух. Изредка остров посещают тайфуны (последний отмечен в 1907 г.).

В век радио и реактивных самолетов на всей планете (кроме, возможно, Гвинеи) вряд ли сохранился еще такой образец первобытного общества. Для Ифалука характерен свободный труд в патриархальных семейно-родовых хозяйствах, совместная обработка земли и лов рыбы. Здесь нет ни войск, ни полиции, ни оружия, ни суда, ни тюрьмы, а значит, нет и преступности. Но зато нет и календаря, школы, врачей...

По всей вероятности, эта идиллия станет легендой, как только «опекуны» примутся по-настоящему «опекать» атолл.

Л. А. Рябинина  
Москва



## «Ядовитые змеи в опасности»

### Редакционная почта

Опубликованная в нашем журнале (см. «Природа», 1967, № 4) статья проф. А. Г. Банникова и Н. Н. Дроздова «Ядовитые змеи в опасности» вызвала большой интерес у читателей, и в редакцию пришло много писем, в которых ученые и специалисты-практики поддерживают своевременную постановку вопроса, сообщают о новых тревожных фактах и высказывают ценные предложения по охране ядовитых змей в Средней Азии.

«Как ни парадоксально звучит предложение охранять ядовитых змей,— пишет профессор П. В. Терентьев, председатель Герпетологического комитета,— оно обосновано многими соображениями, которые полностью подтверждаются моим 46-летним опытом работы с пресмыкающимися. К аргументам А. Г. Банникова и Н. Н. Дроздова считаю нужным добавить еще один. Дело в том, что ядовитые змеи играют определенную роль в биоценозах. Например, в питании нашей самой распространенной ядовитой змеи — гадюки от 55 до 84% составляют мелкие грызуны. Если гадюки будут истреблены, надо ждать «мышинной напасти». Аналогично обстоит дело и с другими ядовитыми змеями. На Второй герпетологической конференции уже приводился факт, когда в одном месте Средней Азии в результате

истребления змей наступило массовое размножение фаланг! Разрушить биологическое равновесие исторически сложившихся биоценозов легко, восстановить же его будет всегда трудно, а иногда просто невозможно!»

Важные предложения содержатся в письме заведующего отделением герпетологии Зоологического института АН СССР, доктора биологических наук И. С. Даревского: «Вопросы, поднятые авторами статьи, весьма актуальны, ибо необходимость в охране и организации промысла ядовитых змей в нашей стране назрела уже давно. Совершенно очевидно, что если существующий хищнический отлов этих полезных животных будет продолжаться и далее, то в скором времени мы лишимся даже и того минимального количества змеиного яда, который получают в отечественных змеепитомниках. Необходимо полностью запретить отлов змей в период их размножения весной, как это практикуется сейчас нашими заготовительными организациями. Опыт показывает, что значительная часть отлавливаемых весной змей — самки, в яйцеводах которых содержатся яйца или развивающиеся эмбрионы. Отловив всего десяток беременных самок, мы тем самым лишаем популяцию, как минимум, сотни молодых особей, которые через несколько лет сами смогли бы быть использованы для получения яда.

Нужно ли удивляться, что в результате столь хищнического ведения дела обнаруживаемые очаги змей оказываются истощенными в самое короткое время? Этого вполне можно было бы избежать при организации осенних отловов, как это практикуется в ряде других стран. Нашим змеепитомникам необходимо позаботиться о соответствующих зарубежных учреждений, в частности Бутантанского института в Бразилии, с работой которого я имел возможность ознакомиться. Практикуемое здесь содержание змей в так называемых комнатах искусственного климата, где для них созданы условия, максимально приближающиеся к естественным, сразу же привело к значительному

увеличению количества и качества получаемого от змей яда. Всяческой поддержки заслуживает инициатива вновь созданного на юге Туркмении змеепитомника в Бадхызе, где змеи находятся под эксплуатацией лишь 3—4 месяца в году, после чего выпускаются на свободу и, спустя год, отлавливаются вторично. С хищническим истреблением ядовитых змей надо покончить!»

Тревожные факты о резком сокращении численности ядовитых змей в Туркменской ССР приводятся председателем Комиссии по охране природы АН Туркменской ССР, заслуженным деятелем науки, профессором А. К. Рустамовым:

«Обычно принято считать,— пишет он,— что в Туркмении много ядовитых змей. Да, еще совсем недавно на просторах республики ядовитые змеи, в том числе и гюрза, были обычными, а местами даже многочисленными. Но картина меняется на глазах: змей, в том числе и ядовитых, становится все меньше и меньше. Так, в сущности, уничтожен и можно сказать уже не существует самый богатый в СССР очаг гюрзы в пойме реки Мургаба. Мало стало змей и в Копет-Даге. Это и понятно, так как в погоне за длинным рублем их отлавливают в массовом количестве и без всякой научно-обоснованной нормы. Вот совершенно свежий факт: в конце мая 1967 г. из Туркмении в г. Фрунзе на самолете было отправлено пять центнеров ядовитых змей (см. газета «Туркменская Искра» за 30 мая 1967 г.).

В этой связи следует только приветствовать инициативу журнала «Природа», опубликовавшего на своих страницах интересную и содержательную статью проф. А. Г. Банникова и Н. Н. Дроздова, в которой совершенно правильно и своевременно освещаются задачи рационального использования и охраны герпетофауны, в том числе и ядовитых змей».

Трагическое продолжение истории с пятью центнерами змей описывают в своем письме директор Института зоологии и паразитологии АН Узбекской ССР

Г. С. Султанов и заведующий лабораторией экологии ядовитых змей доктор биологических наук О. П. Богданов:

«Созданный по предложению одного из авторов (О. П. Богданов), во Фрунзе, в Киргизском зональном зоокомбинате, змеепитомник для содержания степных гадюк и щитомордников, т. е. для змей, распространенных в Киргизии, превратился в своеобразное место гибели огромного количества змей из южных районов Средней Азии и РСФСР. В этот питомник только с 1962 г. было доставлено 50 тысяч змей (см. «Известия» за 21 июня 1967 г., № 144). Если учесть, что более 90% их уже погибло, а продолжительность жизни змей в этом питомнике чрезвычайно коротка (гадюки живут 2,5—3 месяца, гюрзы—5, кобры—6 месяцев), то в этом году во Фрунзе, безусловно, успеют справить поминки и по гибели 50-тысячной змеи.

В настоящее время уже установлены нормы отстрела промысловой дичи, нормы отлова рыбы и т. д. Нет почему-то только никаких норм отлова змей. Это приводит к полному их вылову в целых районах. Для того чтобы повысить интерес к отлову змей и обеспечить все новое поступление их в змеепитомник г. Фрунзе, организация «Зооцентр» планомерно поднимает заготовительные цены на змей. Еще недавно заготовительная цена на гюрзу была 10 руб. Тогда ловец со средними способностями мог в день поймать 15—20 гюрз. В начале этого года гюрза стоила 20 руб., теперь же за крупную гюрзу платят 26 руб. Такие цены привели к тому, что отловом змей начали заниматься все кто угодно. Ажиотаж оказался настолько велик, что например, кандидат сельскохозяйственных наук А. Недялко выступил в журнале «Турист» № 5 как бригадир ловцов змей, с просьбой сообщить ему места, где много гадюк (!). В результате такой шумихи, сильно напоминающей лихорадочные розыски золота на Аляске, кое-где ядовитые змеи фактически полностью выловлены. Например, практически не осталось гюрз в Узбекистане, на Туркестанском хребте и Нуратау.

Назрела необходимость ввести лицензии на отлов ядовитых змей. Допускать к отлову можно только ловцов-профессионалов».

Доцент МГУ, кандидат биологических наук А. М. Челызов-Бебутов, обращает внимание в своем письме и на другую важную сторону вопроса — на преодоление бытующей среди широких слоев населения ненависти к ядовитым змеям:

«Вопрос этот важный и, главное, чрезвычайно злободневный. Потребуются немалое времени, чтобы создать перелом в сознании людей, большинство которых с детства привыкло бояться и ненавидеть змей, хотя к этому нет оснований. Очень желательно было бы продолжить выступления в печати, рассматривая их как часть общей борьбы за охрану природы и рациональное использование ее ресурсов. Конечно, мнение авторов, выступивших в журнале «Природа», резко расходится с обывательскими представлениями о змеях, но история естествознания показывает, что во всех случаях в споре между обывателем и наукой в конечном итоге побеждала наука. Хочется верить, что так будет и на этот раз».

Редакция благодарит читателей за живой отклик, за ценные практические предложения и советы. Мы надеемся, что соответствующие организации прислушаются к важным предложениям ученых и примут необходимые практические решения.

# Погода и туризм

## Календарь природы

Для туризма и альпинизма лето благоприятно во многих горных областях, и в частности на Кавказе. Особенно много туристов идет, как правило, по долине Баксана в Южное Приэльбрусье и по долине Кубани — Теберды — в Теберду, на Домбайскую поляну и на Клухорский перевал.

В высокогорном районе Баксанского ущелья и Южного Приэльбрусья на кресельной канатной дороге за 20—30 мин. можно подняться на вершину горы Чегет (3000 м), против которой на севере находится Эльбрус, а на юге — заснеженные вершины Главного Кавказского хребта. А когда на южном склоне Эльбруса будет построена маятниковая канатная дорога, то в ее вагонах за 30—40 мин. можно будет подняться и на Эльбрус (4200 м).

Покрытые вечным льдом и снегом альпийские горные хребты и двуглавый Эльбрус, стройные высокоствольные сосново-еловые леса, бурные потоки рек и ручейков, нарзанные источники, чистый горный воздух — все это издавна привлекало любителей природы и туризма в Баксанское ущелье и Южное Приэльбрусье. По высокогорным долинам и ущельям, по крутым склонам гор, через ледники и перевалы проходят их маршруты.

Какая же погода наблюдается здесь летом на разных высотах?

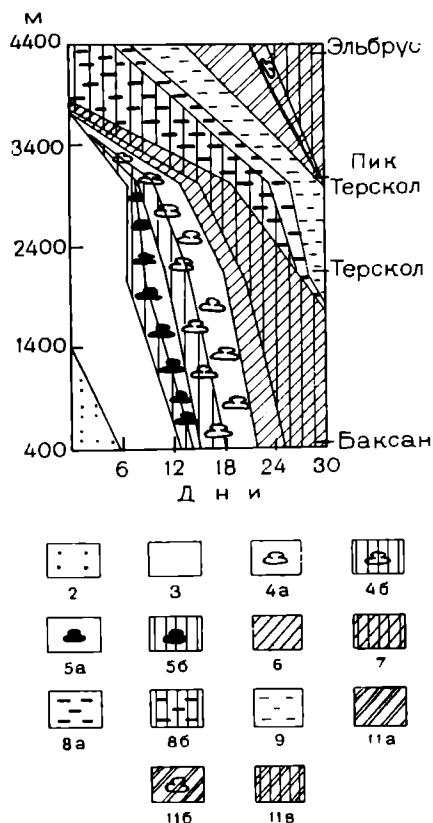
При подъеме по долине Баксана, а затем по южному склону Эльбруса — на его вершину, в область вечного льда и снега, высотная поясность сохраняется не только в распределении растительности, но и климата (см. табл. и рис.).

На степной равнине, у начала Баксанской горной долины в июне много солнечных, жарких и сухих, и малооблачных незасушливых, а также облачных ночью погод, отчего здесь бывает довольно высокая среднемесячная температура воздуха ( $19^{\circ}$ ). В то же время в верховьях Баксанского ущелья, в районе Терскола, на высоте 2000—2200 м в области хвойных лесов совсем нет жарких и сухих погод, а среди солнечных погод господствуют малооблачные незасушливые и облачные ночью с большими суточными амплитудами температуры (от  $15-23^{\circ}$  днем до  $3-8^{\circ}$  ночью). Среднемесячная температура воздуха здесь на  $9^{\circ}$  ниже, чем в Баксане.

Поднимемся еще выше: 3000—3100 м (пик Терскол). Режим погоды на такой высоте более суров: появляются погоды с переходом температуры в течение суток через  $0^{\circ}$  (солнечные и облачные с осадками и без них), отчего среднемесячная температура воздуха опускается до  $+4^{\circ}$ . Наконец, на высоте 4200—4300 м, в области вечного снега, господствуют умеренно морозные погоды и погоды с переходом температуры через  $0^{\circ}$ , в связи с чем среднемесячная температура падает до  $-4^{\circ}$ .

Общая повторяемость благоприятных для туризма и альпинизма погод (солнечных разных классов и облачных разных классов без осадков) в Баксанском ущелье и Южном Приэльбрусье составляет 19—20 дней.

Погоды с осадками, возникающие чаще всего при прохождении циклонов и фронтов, характеризуются довольно низкими температурами воздуха. В районе Терскола и пика Терскола температуры в это время понижаются: днем до  $10-16^{\circ}$ , а ночью до  $1-5^{\circ}$ ; иногда наступают заморозки, а в окрестностях станции Эльбрус — об-



ласти вечного льда — устанавливаются морозные погоды и осадки выпадают в виде снега, крупы. Общая повторяемость облачных погод разных классов с осадками увеличивается от 8 дней в Баксане до 12 на Эльбрусе (4250 м). Учитывая это обстоятельство, путешественники, совершающие длительные переходы, должны иметь не только теплую

одежду, но и непромокаемые плащи. Расположенная в Тебердинском государственном заповеднике горная долина р. Теберды с Домбайской поляной и Клухорским перевалом не уступает по своей живописности и красоте Баксанскому ущелью и Южному Приэльбурью. Летом этот район буквально «забит» нашими и зарубежными туристами, альпинистами и тысячами экскурсантов, поскольку погодно-климатические условия здесь в июне более благоприятны, чем в Баксанском ущелье и Южном Приэльбурье.

Проезжая вверх по первоклассной асфальтированной дороге, проложенной в долине Кубани — Теберды, мы наблюдаем постепенное повышение местности от 500 м в Черкесске до 1300 м в Теберде, 1500 м в Домбайской поляне и 2100 м в районе метеостанции Клухорский перевал, где расположена турбаза «Северный Клухор». И здесь мы также встречаемся с хорошо выраженной поясностью растительности, климата и, наконец, всей природы.

В Черкесске, расположенном в степях, у выхода из гор р. Кубани, в июне бывает 18 солнечных дней, среди них на первом месте — малооблачные незасушливые, а затем уже — жаркие и сухие. В Тебердинском ущелье, в районе курорта Теберды и в районе турбазы «Северный Клухор», повторяемость солнечных теплых погод меньше, чем в

Черкесске (14 дней), и на 3—4 дня больше, чем в Баксанском ущелье в районе Терскола, при этом здесь не бывает заморозков, как в Терсколе. Общее же количество погод, благоприятных для туризма такое же, как и в районе Терскола, — 20 дней.

Для солнечных погод характерны значительные колебания температуры воздуха в течение суток: от 16—24° днем до 3—8° ночью. Во время дождливых погод эти колебания меньше — от 12—16° днем до 2—6° ночью.

Необходимо отметить, что режим погод отдельных лет значительно отклоняется от многолетнего. В периоды господства циклональной циркуляции на всей территории Тебердинского заповедника преобладают облачные погоды разных классов с осадками и без них. Так, в Теберде в 1953 г. с такими погодами было 24 дня, из них 15 с осадками; в районе Клухорского перевала в 1952 г. — 22 дня, из них 14 с осадками.

В периоды преобладания антициклональной циркуляции, наоборот, господствуют солнечные погоды разных классов. Так, в Теберде в 1941 г. было 22 солнечных дня, из них 7 дней с жаркой и сухой погодой.

Как видим, режим погод в связи с изменением циркуляции атмосферы от года к году значительно меняется.

А. А. Нагайцев  
Ростов-на-Дону

Таблица

Географическое положение, абсолютная высота (в м) метеостанций и характеристики климатических элементов в районе их расположения

| Элементы климата            | Долина Баксана — Эльбрус |                   |                       | Долина Кубани — Теберды |                   |                   |                              |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
|                             | Баксан<br>454 м          | Терскол<br>2150 м | пик Терскол<br>3060 м | Эльбрус<br>4250 м       | Черкесск<br>525 м | Теберда<br>1300 м | Клухорский перевал<br>2050 м |
| Среднемесячная температура  | 19                       | 10                | 4                     | — 4                     | 18                | 13                | 10                           |
| Максимальная температура    | 37                       | 26                | 17                    | 11                      | 37                | 33                | 28                           |
| Минимальная температура     | 5                        | — 3               | — 7                   | — 16                    | 3                 | — 3               | — 4                          |
| Осадки в мм                 | 93                       | 75                | 71                    | 45                      | 95                | 70                | 135                          |
| Относительная влажность в % | 69                       | 70                | 76                    | 73                      | 69                | 73                | 67                           |
| Скорость ветра в м/сек      | 2.1                      | 1.6               | 2.5                   | 7.2                     | 2.7               | 1.3               | 1.9                          |

# Ветровалы в Украинских Карпатах

Сильные ветры в Украинских Карпатах — явление частое. За последние 100 лет ветровалы и буреломы в Карпатских лесах (главным образом хвойных) наблюдались много раз, преимущественно в одних и тех же районах и с возрастающей интенсивностью.

В развитии ветровалов немаловажное значение имеет нарушение правил вырубки леса: она часто производится на наветренных (западных или северо-западных) склонах. Естественно, что уничтожение леса на наветренном склоне уменьшает турбулентное трение в ветровом потоке, тем самым способствуя увеличению скорости ветра. В результате динамического воздействия холодного воздуха лесной массив не выдерживает повышенной ветровой нагрузки, и в этом случае ветровал получает наиболее интенсивное развитие. Причем на противоположной (подветренной) стороне возвышенности все деревья оказываются вывороченными с корнями вблизи перевала; вниз по склону разрушительное действие ветра постепенно ослабевает.

Изучение ветровалов в Украинских Карпатах показало, что массовые катастрофы повторялись здесь через 80—90 лет, т. е. в новых поколениях леса, выросших на месте старых ветровалов. Следовательно, можно гово-

рить об определенных, наиболее ветроопасных урочищах, какими, например, являются отдельные участки хребтов Горган, Черногор, Чивчин и др. Направление движения сильных воздушных течений в большой мере связано с ориентировкой горных хребтов и долин, крутизной склонов, степенью их залесенности и т. д.

Особенно участились случаи ветровалов в Карпатах за последнее десятилетие. Леса вырубаются здесь на больших площадях, причем без достаточного учета водоохранных и почвозащитных требований и мероприятий по защите леса от ветровалов. Например, в 1957 г. сильным ветром было повреждено более 4,5 млн м<sup>3</sup> леса. В июле, сентябре и ноябре 1964 г. над районом Украинских Карпат прошли ураганные ветры, вследствие которых оказалось повалено и поломано 3,3 млн м<sup>3</sup> древесины разных пород.

Летом 1966 г. эти места ветровалов были обследованы сотрудниками Карпатской экспедиции. Собранные данные показали, что ветровалы, наблюдавшиеся в 1964 г., охватывают в основном верхние участки бассейнов рек главных водораздельных хребтов восточной части Украинских Карпат. Сюда прежде всего относятся Горганы, Свидавец, Черногоры, Чивчины, горы Гринявы и др.

Каковы погодные условия в дни с ветровалами? Одним из факторов, обусловивших возникновение ветровалов в июле, сентябре и ноябре 1964 г., является прежде всего резкое усиление ветра до 15 м/сек и более, в основном северо-северо-западного направления. Кроме того, большое влияние оказывают и особенности рельефа. По наблюдениям метеостанции Пожижевская Полонина (абсолютная высота около 1430 м), в дни с наиболее интенсивными ветровалами максимальная скорость ветра достигала 20 м/сек, а отдельные его порывы — даже 20—30 м/сек.

Одной из причин гибели лесных массивов в Украинских Карпатах следует рассматривать также выпадение интенсивных осадков при сильном ветре. Например, 3 июля 1964 г., когда отмечался один из сильнейших ветровалов, на некоторых метеостанциях

(Яремча, Пожижевская и др.) выпало 80—90 мм осадков, что составило от 50 до 80% месячной нормы.

С интенсивными осадками связано формирование большого поверхностного стока на склонах, в результате которого с особой силой проявляются эрозионные процессы — местами почти полностью смывается почвенный покров, обнажается корневая система деревьев и т. д. Почва настолько размокает, что при сильном порывистом ветре гибнут целые лесные массивы. Например, в районе горы Озерной и оз. Синевир 23—24 сентября 1964 г. на площади около 70 га деревья диаметром более 1 м были выворочены с корнем, а деревья диаметром до 50—60 см поломаны. В большинстве случаев это была ель с высокой, довольно плотной кроной и поверхностной корневой системой.

Вопросы охраны лесов должны явиться составной частью исследований по Международной биологической программе (1967—1971 гг.). В Украинских Карпатах, одном из красивейших районов в Союзе, следует позаботиться о научном и рациональном планировании лесоразработок с целью предотвращения гибели лесных насаждений от стихийных и других причин, большей их сохранности и повышения продуктивности.

Профессор А. Н. Раевский,  
В. П. Капралова  
Одесса

## Кого он пугает?

### В конце номера.

Щит с изображением грозного лика, который вы видите на фотографии справа, найден на юге США. Но принадлежит он не воину индейского племени, хотя и напоминает символическое обозначение Солнца ацтеками. Эта разрисованная роговая пластина прикрывает спину паука *Cyclocosmia truncata*, живущего во Флориде. Увидев врага, превосходящего его по силе и мужеству, паук поворачивается к нему спиной, и, прикрываясь своим «щитом», ползет в норку. Когда все тело насекомого уже спрятано в убежище, роговая пластина плотно, как пробка, затыкает отверстие. И перед вошедшим в азарт агрессором остается лежать неподвижный, как бы вросший в землю круглый щит с загадочным изображением.

Некоторые считают, что этот рисунок должен наводить трепет на противников паука. Это вполне возможно, ведь мы знаем животных, которые умеют отпугивать своих врагов. Отпугивающая окраска характерна для многих хорошо защищенных животных, которым выгодно, чтобы хищник увидел их издалека и, узнав, не спутал с кем-нибудь другим. Вспомните яркие желтые пятна на голове ужа — вонючего и противного на вкус для лисы, вспомните яркие черно-желтые полосы на теле ос, пчел, шмелей. Не случайно именно в эти цвета автоинспекция окрашивает дорожные знаки: они хорошо видны в любую погоду.

Встречается отпугивающая окраска и у млекопитающих. Выходя ночью на поиски пищи, дикобраз *Hystrix cristata* растопыривает заметные в темноте мощные бело-черные иглы, которых боится даже леопард. Этому дикобразу мало. Выставив себя напоказ, он громко топает, хрюкает и трещит иглами. Он уверен в превосходстве своего оружия.

Но иногда предостерегающая окраска — всего лишь уловка, обман. Черные зрачки, окруженные желтой радужной оболочкой, свирепо глядят с крыльев таких безобидных насекомых, как листоед, долгоносик или богомол. Их устрашающие маски привлекают внимание врагов и отпугивают мнимым сходством с другим, более крупным и сильным животным. Вероятно, ту же роль выполняют пятна на крыльях большой совиной бабочки.

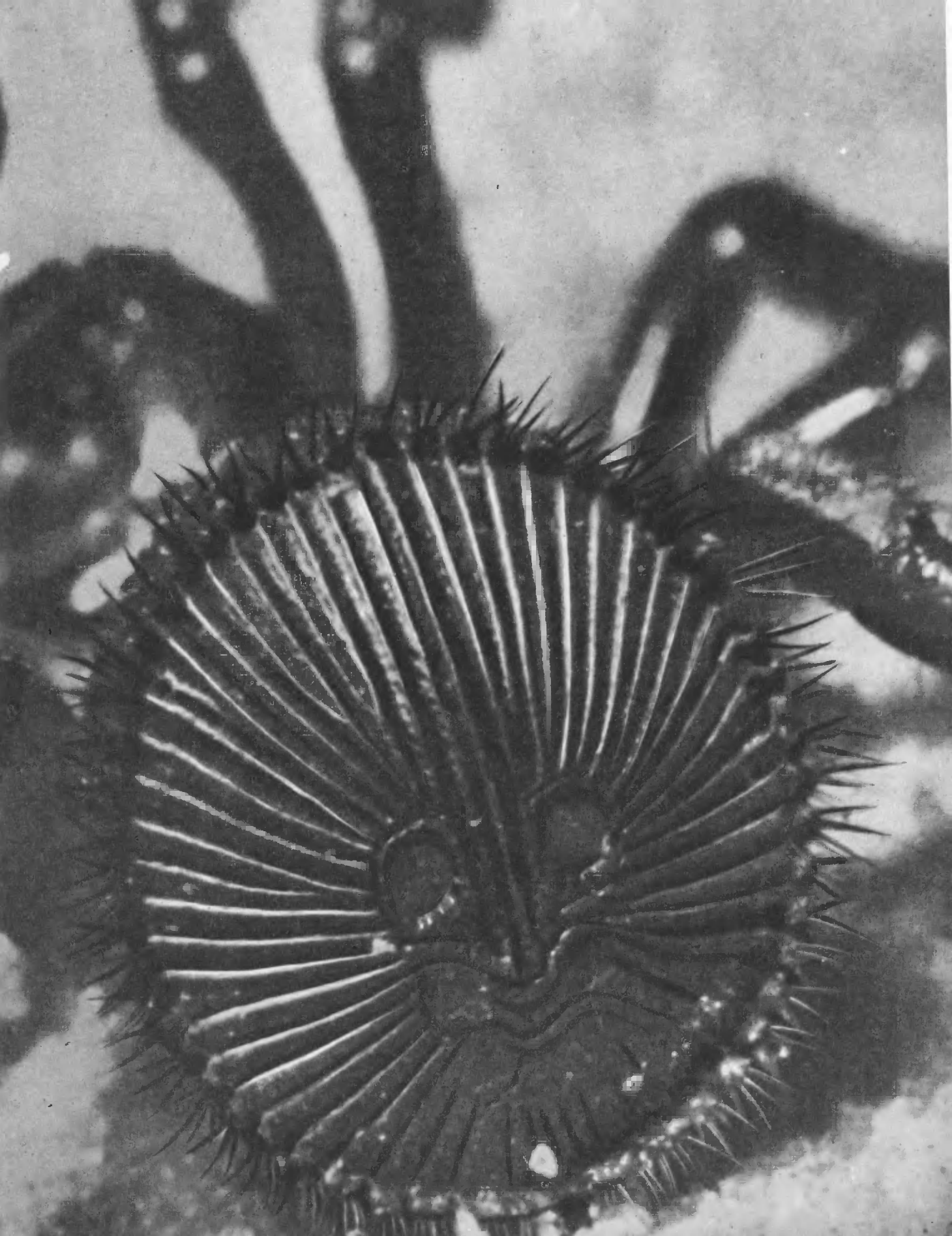
Однако искать биологическую целесообразность во всяком кажущемся сходстве такого рода — дело рискованное. Огромное разнообразие цветов и рисунков на теле бесчисленного множества различных животных позволяет обнаружить самые невероятные примеры случайного сходства. Вряд ли есть биологическая целесообразность в том, что японский краб *Dogirra* носит на своем панцире портрет самурая, или в том, что на голове японской рыбы *Salanx* как бы отпечатались герб клана Токугава. Кого пугает бабочка мертвая голова (*Acherontia atropos*), грудь которой украшена изображением человеческого черепа и скрещенных костей? Почему рыба *Arius* приняла образ распятия? Но рекорд изобретательности побил, конечно, шипоглаз *Holacanthus semiriculatus*, на хвосте которого можно прочесть два заклинания, написанные по-древнеарабски: «ля илла иль алла» (нет бога, кроме Аллаха) и «шани алла» (бойся Аллаха).

Ну, а что же изображено на панцире паука, найденного во Флориде, и кого он пугает? Биологи не берутся ответить на этот вопрос. Они считают, что убедительным было бы только признание самого паука. С этим аргументом трудно спорить.

Н. В. Успенская

Москва

Фотография из книги: Andreas Feininger. *The Anatomy of Nature*. London.



**Цена 50 коп.**

**Индекс 70707**

**Издательство**



**„Наука“**

1