

# ПРИРОДА

9  
1965



РЕДАКЦИОННАЯ  
КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор  
АКАДЕМИК Д. И. ЩЕРБАКОВ

Доктор физико-математических наук Д. А. ФРАНК-КАМЕНЕЦКИЙ (*заместитель главного редактора*); доктор философских наук Д. М. ТРОНИН (*заместитель главного редактора*); кандидат технических наук А. С. ФЕДОРОВ (*заместитель главного редактора*); академик А. И. БЕРГ; академик А. И. ВИНОГРАДОВ; действительный член АМН СССР В. В. ЦАРИН; член-корреспондент АН СССР Б. Л. АСТАУРОВ; член-корреспондент АН СССР Л. А. ЗЕНКЕВИЧ; член-корреспондент АН СССР В. Л. КРЕТОВИЧ; член-корреспондент АН СССР Г. М. ФРАНК; доктор физико-математических наук Б. Л. ДЗЕРДЗЕЕВСКИЙ; доктор физико-математических наук С. П. КАПИЦА; Я. Б. КОГАН (*ответственный секретарь*).

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Академик А. Е. АРБУЗОВ (*органическая химия*); академик И. К. КИКОНИ (*физика*); академик В. Н. СУКАЧЕВ (*ботаника*); академик Н. В. ЦИЦИН (*сельское хозяйство*); член-корреспондент АН СССР Э. А. АСРАТЯН (*физиология*); член-корреспондент АН СССР Б. И. ДЕЛОНЕ (*математика*); член-корреспондент АН СССР Н. А. КРАСИЛЬНИКОВ (*микробиология*); член-корреспондент АН СССР В. А. МАГНИЦКИЙ (*геофизика*); член-корреспондент АН СССР Н. И. НУЖДИН (*биология*); член-корреспондент АН СССР Р. З. САГДЕЕВ (*физика*); член-корреспондент АН СССР А. П. ТЕРЕНТЬЕВ (*органическая химия*); член-корреспондент АН СССР И. П. ТУМАНОВ (*физиология растений*); доктор биологических наук А. Г. БАНИКОВ (*зоология*); доктор физико-математических наук Б. В. КУКАРКИН (*астрономия*); доктор философских наук Г. А. КУРСАНОВ (*философия*); доктор географических наук К. К. МАРКОВ (*география*); доктор биологических наук К. К. ФЛЕРОВ (*палеонтология*); доктор биологических наук А. И. ФОРМОЗОВ (*экология, зоогеография*)

Физики пытаются различными способами уловить всепроникающее нейтрино. Для поглощения фона нейтрино нейтринно предполагают поместить на дно океана, в глубоких шахтах и в туннелях под высокими горами. Наиболее мощным источником попадающих на Землю нейтрино служит Солнце.

1 и 4 страницы обложки иллюстрируют статью Л. А. Микаэляна «Нейтрино».

Работа художника  
К. Д. Юрченко

# КРУПНАЯ ПОБЕДА СОВЕТСКОЙ НАУКИ

С КАРТЫ ЛУНЫ СТЕРТО ОГРОМНОЕ БЕЛОЕ ПЯТНО



Фотография обратной стороны Луны, переданная автоматической межпланетной станцией «Зонд-3». На фотографии, сделанной 20 июля 1965 г. в 5 час. 16 мин. по московскому времени, изображена экваториальная зона обратной стороны Луны, прилегающая к ее восточному краю. Большое темное пятно справа — Восточное море

# ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫДАЮЩЕГОСЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

ИЗ ВЫСТУПЛЕНИЙ НА ПРЕСС-КОНФЕРЕНЦИИ 23 АВГУСТА 1965 г. АКАД. М. В. КЕЛДЫША,  
ПРОФ. А. И. ЛЕБЕДИНСКОГО, ИНЖ. Ю. К. ХОДАРЕВА И ДОКТОРА ФИЗ.-МАТ. НАУК  
А. Г. МАСЕВИЧ

18 июля 1965 г. осуществлен запуск автоматической станции «Зонд-3» для проведения научных исследований в далеком космическом пространстве, а также для решения ряда задач, связанных с отработкой бортовых систем дальних космических аппаратов.

Автоматическая станция «Зонд-3» оснащена большим комплексом научной аппаратуры для изучения магнитных свойств околоземного космического пространства и межпланетной среды, солнечного ветра, низкочастотного радиоизлучения Галактики, микрометеоров, космических лучей, а также для исследования инфракрасных и ультрафиолетовых спектров лунной поверхности. Уже получена большая научная информация, которая обрабатывается.

\* \* \*

Испытание бортовой аппаратуры удалось успешно сочетать с фотографированием неисследованной до сих пор области невидимой стороны Луны, фотографированием спектров лунной поверхности в интервале длин волн от 3500 Å до 2500 Å, спектрофотометрированием в ультрафиолетовой области от 2700 до 1900 Å и в инфракрасной от 4 до 3 микрон.

\* \* \*

Более точный выбор траектории полета и времени пуска производился с учетом условий освещенности в исследуемой области Луны. Дело в том, что наиболее благоприятная обстановка для фотосъемки бывает при небольшой высоте Солнца над горизонтом. Тогда горы отбрасывают тени, по длине которых можно определить их высоту, а сам снимок получается отчетливым и при рассмотрении кажется почти рельефным. Поэтому лучшие снимки лунной поверхности обычно удается получить вблизи терминатора.

В момент начала фотографирования станция «Зонд-3» находилась еще над видимой стороной Луны на расстоянии 11,57 тыс. км

от ее поверхности. При дальнейшем движении станция перешла на невидимую сторону Луны, постепенно приближаясь к ее поверхности до минимального расстояния 9,22 тыс. км, после чего стала удаляться от Луны и к концу сеанса фотографирования оказалась уже на расстоянии 9,96 тыс. км.

При расстоянии пролета около 10 тыс. км каждый снимок охватывал большую часть неисследованной области. За время фотографирования положение станции «Зонд-3» относительно центра Луны изменилось примерно на 60°, и каждый участок неисследованной области был снят под различными углами, так сказать, в различных ракурсах.

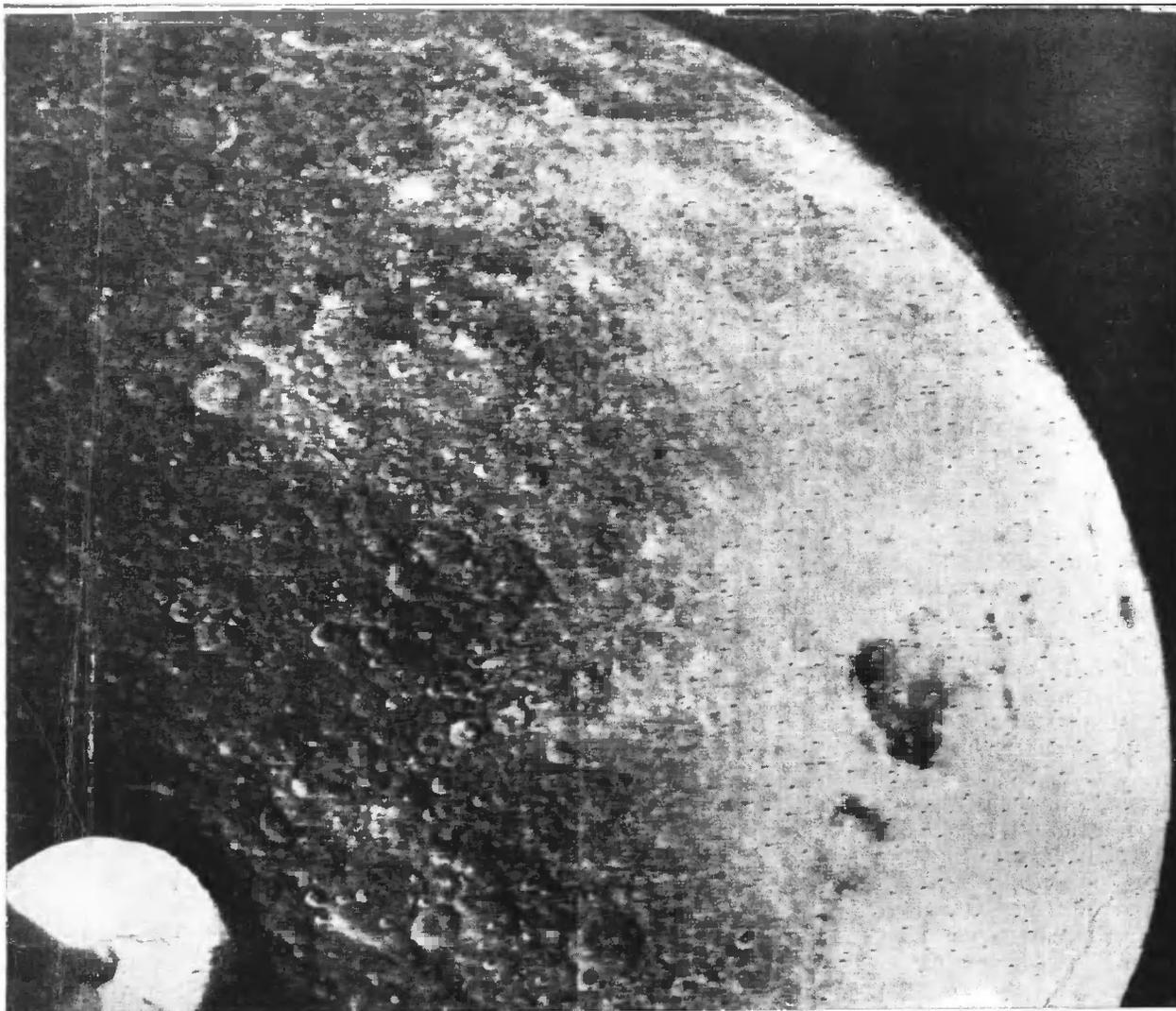
\* \* \*

В результате ряда работ, проведенных в Советском Союзе, была создана новая малогабаритная фототелевизионная система, предназначенная для фотографирования и передачи изображения планет и обеспечивающая работу в условиях длительного космического полета. В этой системе полностью решен вопрос надежной защиты фотопленки от воздействия космической радиации.

Фотографирование Луны производилось с борта автоматической научной станции «Зонд-3» 20 июля между 4 час. 24 мин. и 5 час. 32 мин. по московскому времени.

Команда на начало сеанса фотографирования была выдана с Земли в 3 час. 57 мин. во время приближения станции к Луне. Все дальнейшие операции проходили автоматически без вмешательства с Земли. Сразу же после команды система ориентации начала поиск Луны и разворот станции таким образом, чтобы объектив фототелевизионной системы был направлен на освещенную часть Луны. Одновременно началось проведение подготовительных операций с фототелевизионной аппаратурой.

Фотографирование Луны началось на 28-й минуте и продолжалось несколько более часа.



Фотография обратной стороны Луны, переданная автоматической межпланетной станцией «Зонд-3». На снимке, сделанном 20 июля 1965 г. в 5 час. 25 мин. по московскому времени, изображена экваториальная и северная части обратной стороны Луны до границы освещенной области

Автоматическая обработка фотопленки производилась одновременно с процессом фотографирования. Обработанная пленка поступала непосредственно в систему передачи изображения в виде, пригодном для передачи.

Съемка Луны производилась с интервалами между кадрами примерно в две с четвертью минуты. За время фотографирования было получено 25 снимков лунной поверхности.

Фотокамера станции «Зонд-3» работала с объективом с фокусным расстоянием 106,4 мм при относительном отверстии 1 : 8. Фотографирование производилось на специальной пленке шириной в 25 мм с экспозициями 1/100 и 1/300 сек.

Время передачи одного кадра при четкости 1100 строк составляет 34 мин. Это

время было выбрано также исходя из условий работы на межпланетных расстояниях.

Бортовая аппаратура станции «Зонд-3» позволяет изменять время передачи кадра и четкость как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения.

В дальнейшем передачи будут повторены с больших расстояний.

\* \* \*

Шесть лет назад советскими учеными впервые в истории человечества была отснята огромная территория площадью свыше 10 миллионов квадратных километров, по 1/3 невидимого полушария Луны после фотографирования 1959 года оставалась еще неисследованной. Она-то и была сфотографирована станцией «Зонд-3».

Новые фотографии имеют исключительно высокое качество. Фототелевизионный комплекс на борту станции «Зонд-3» обеспечил большую фотографическую широту. Фотометрическое устройство — на снимках его изображение расположено в левом нижнем углу — позволяет измерить яркости сфотографированных лунных образований. Предварительное изучение фотографий проводилось сотрудниками ГАИШ под руководством д-ра физ.-мат. наук Ю. Н. Липского.

Новые фотографии полностью подтвердили ранее сделанный вывод о малом количестве на обратной стороне Луны протяженных темных впадин. Северная часть обращенного к Земле полушария Луны покрыта, в основном, морями, а на обратной стороне Луны занята гигантским материком. Этот материк значительно превосходит по размерам своего антипода — южный материк видимого полушария.

Исключительный интерес представляют обнаруженные на обратной стороне мореподобные образования, которые следовало бы назвать талассоидами (Talassoid) — обширные впадины, дно которых усеяно кратерами. По своим размерам эти впадины сравнимы с морями — их поперечники достигают 500 км. Однако дно их отличается структурой и не имеет характерной для морей темной окраски. На видимой стороне Луны мы не встречаем столь четко выраженных гигантских впадин. Сходство с некоторыми талассоидами имеет сильно разрушенный кратер Деландр (Deslandres), расположенный недалеко от известного лучистого кратера Тихо (Tycho) и, возможно, самый большой из кратеров видимой стороны Байи (Bailly).

Советский селенолог А. В. Хабаков неоднократно обращал внимание на своеобразную впадину, занимаемую частично Морем Нектара (Mare Nectaris). Можно считать, что эта впадина в прошлом была гигантским талассоидом с поперечником в 1200 км, окаймленным горами Пиренеи (Pyrenaeeus) и Алтай (Altai). Часть талассоида, залитая впоследствии лавой, и носит название Моря Нектара.

Уже сейчас, после проведения первых статистических оценок, можно констатировать, что ранее сделанный вывод о высокой концентрации кратеров на обратной стороне подтвердился. На вновь полученных фотографиях уже выявлено более тысячи образований. В частности, на поверхности об-

ратной стороны Луны, отображенной на прилагаемых снимках, насчитывается свыше 600 кратеров поперечниками от 5 до 20 км, около 200 кратеров — от 20 до 50 км, около 40 кратеров — от 50 до 100 км и около десятка кратеров свыше 100 км в диаметре. Наименьший поперечник различных на снимках кратеров ~ 3 км.

Интересны цепочки кратеров большой протяженности, не встречающиеся на видимом полушарии. Их образуют кратеры средних размеров поперечниками в 10—30 км. Некоторые из кратерных цепочек, расходящихся, по-видимому, из светлого материкового района к северу от Моря Восточного (Mare Orientale), имеют протяженность 600 км и более.

Особо следует сказать о темном пятне в правой нижней части представленных здесь снимков. Небольшая доля его была известна по наблюдениям с Земли под названием Моря Восточного. Теперь впервые мы можем судить об истинной конфигурации этого образования. Как уже отмечалось, в непосредственной близости от него расположены темные полосы Моря Осени (Mare Autumni) и Моря Весны (Mare Veris). Теперь к ним можно прибавить два темных образования, ранее не наблюдавшихся с Земли. Кроме того, заметим, что основанное на визуальных наблюдениях предположение о существовании южнее Моря Восточного еще одного моря, условно названного Мелким (Mare Parvum), новыми фотографиями не подтверждено.

Совместное рассмотрение материалов фотосъемки обратной стороны Луны 1959 года и последних снимков, сделанных «Зондом-3», подтверждает известный вывод об асимметрии Луны относительно плоскости, делящей ее на видимое и невидимое полушария: на обратной стороне мало морей, и вся она более светлая и гористая.

\* \* \*

Астрономы всего мира получили в свои руки богатый материал, который подлежит самому тщательному анализу и изучению.

Космическая астрономия делает только первые шаги, но уже сейчас можно сказать, сколь могучими средствами в виде спутников и космических ракет обогатилось человечество для дальнейшего прогресса астрономии, изучения планет солнечной системы и будущих межпланетных сообщений.

# ПРИРОДА

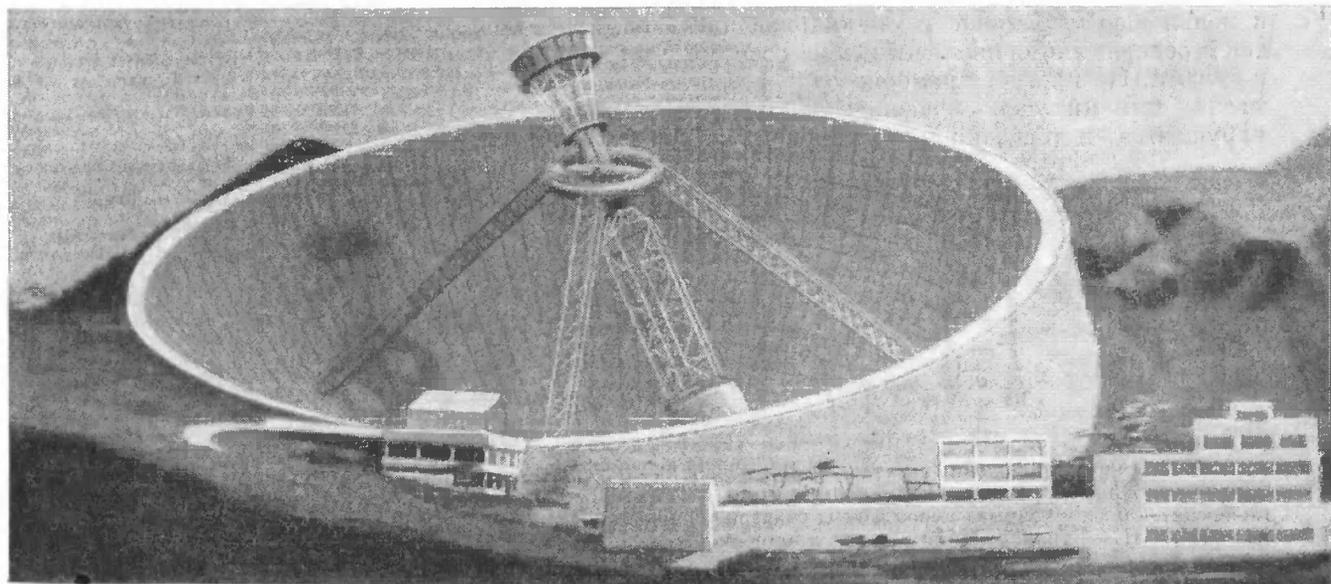
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПОПУЛЯРНЫЙ ЕСТЕСТВЕННО-  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ АКАДЕМИИ НАУК СССР

ГОД ИЗДАНИЯ ПЯТЬДЕСЯТ ЧЕТВЕРТЫЙ

9  
1965

## В НОМЕРЕ:

- |   |     |
|---|-----|
| Крупная победа советской науки. С карты Луны стерто огромное белое пятно I—IV   |     |
| Мутации и наследственность. И. Л. Кнунянц, И. А. Лошадкин . . . . .   | 2   |
| Проблема синтеза пищи. А. Н. Несмелнов, В. М. Ееликов . . . . .   | 13  |
| Нейтринно. Л. А. Микаэлян . . . . .   | 24  |
| Хлеб человечества. Полиплоидия в селекции пшеницы. В. Е. Писарев . . . . .  | 36  |
| Моделирование некоторых свойств памяти. Э. Г. Головань, А. Н. Лук, В. С. Старинец . . . . .   | 45  |
| Новые структуры земной коры. Омоложение платформ и оруденение. В. И. Казанский . . . . .  | 51  |
| Достижения науки — в практику. Дорогу цепной рыбе! Как помочь рыбам преодолеть плотины. П. К. Доильницин . . . . .  | 59  |
| В-лабораториях ученых. Внезапные наблюдения солнечной короны. А. А. Сазанов . . . . .   | 61  |
| Раскрыта еще одна тайна белкового синтеза. Новый успех в расшифровке аминокислотного кода. А. Ф. Орловский, К. Л. Гладили . . . . .                                     | 67  |
| Съезды, конференции. Широкий форум ученых-химиков. XX Международный конгресс по теоретической и прикладной химии (70). Бесконечность в современной космологии . . . . . | 72  |
| Научный атеизм. «Боги» Эпикура: парадокс или концепция? Я. Я. Позарков . . . . .  | 75  |
| Заповедные места. В горах Кавказа. К. Ю. Голгофская, В. А. Котоз . . . . .  | 80  |
| Путешествия. Два дня по Атакаме. В. И. Курин . . . . .  | 85  |
| Гипотезы. Есть ли полезные ископаемые на Луне? В. В. Козлов, Е. Д. Сулиди-Кондратьев . . . . .  | 97  |
| Научные фантазии. Клянусь Юпитером! А. Азимов . . . . .   | 104 |



Макет проектируемого в Армянской ССР радиотелескопа с диаметром зеркала в 100 м.

Фото ТАСС

# Мутации и наследственность

Академик И. Л. Кнунянц, Н. А. Лошадкин

*Одна из основных движущих сил эволюции — способность организмов к мутации, т. е. к изменению наследственности. Без мутаций и последующего отбора жизнь никогда бы не развилась за пределы своих первоначальных форм. В последнее время благодаря изумительным достижениям естественных наук оказалось возможным понять сущность наследственных и мутационных процессов на молекулярном уровне.*

## ХРОМОСОМНЫЕ И ГЕННЫЕ МУТАЦИИ

Хромосомы и гены — носители наследственности — открыты в конце XIX в. Вскоре ученые впервые отметили нарушения в них, которые были названы мутациями. Этот термин ввел Гуго де Фриз. Одновременно с Э. Чермаком и К. Корренсом он в 1900 г. по существу вторично открыл законы наследственности, т. е. через 35 лет после Грегора Менделя.

Процесс, в результате которого происходит деление клеток, удвоение хромосом и генов, чрезвычайно точен. Он приводит к появлению миллионов и миллиардов клеток с совершенно одинаковыми хромосомами и генами. Но иногда, примерно один раз на тысячу или миллион случаев, этот процесс нарушается, и тогда хромосомы новой клет-

ки оказываются не абсолютно подобными старой. Это и есть мутация.

Мутации могут затрагивать всю хромосому или большую часть ее — такие мутации называются хромосомными. Мутации в небольшой части хромосомы — в гене, а точнее в небольшом отрезке молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), называются генными, или точечными.

Хромосомные мутации весьма разнообразны. Различают делецию — выпадение фрагмента хромосомы; инверсию, когда участок хромосомы поворачивается на  $180^\circ$  и соединяется с хромосомой своим другим концом; транслокацию, когда одна часть хромосомы переходит в другую (рис. 1). Подобные мутации часто вызывают гибель клетки в митозе, т. е. в процессе ее деления. Но если митоз и произойдет, то серьезные разрушения в хромосоме приводят к образованию клеток, в которых отсутствуют необходимые для выживания гены.

Мутации могут вызывать и изменение числа хромосом в результате нарушения их деления в мейозе — в процессе формирования половых клеток. Такие нарушения возникают вследствие нерасхождения какой-нибудь пары хромосом, что в дальнейшем при оплодотворении и последующем делении

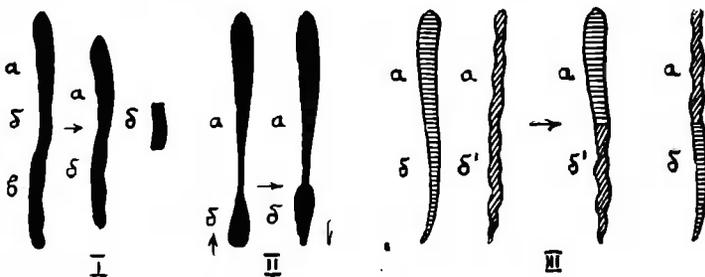


Рис. 1. Примеры хромосомных мутаций. I — делеция — потеря фрагмента *b* после разрыва хромосомы в двух местах; II — инверсия — после разрыва хромосомы участок *b* повернулся на  $180^\circ$ ; III — транслокация — две хромосомы обменялись своими кусками

создает недостаточное или, наоборот, избыточное содержание хромосом в клетке. Подобные изменения в хромосомном аппарате вызывают серьезные последствия.

Генные мутации, как правило, возникают под влиянием радиации или при действии на хромосомы химических агентов. Характер изменений при этом может быть таким же, как и в хромосоме: делеция, инверсия и другие (рис. 2).

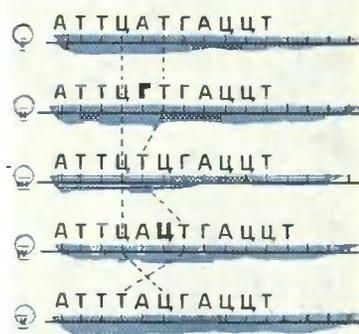
Напомним, что, согласно модели Д. Уотсона и Ф. Крика, двухспиральная структура ДНК предусматривает комплементарность двух пар оснований: аденина (А) — тимина (Т) и гуанина (Г) — цитозина (Ц) (рис. 3, I). Именно только между этими парами возможно образование водородных связей и, с точки зрения пространственного соответствия, только такое сочетание пуриновых и пиримидиновых оснований позволяет построение двухтяжевой спирально закрученной молекулы ДНК.

При удвоении хромосомы в митозе построение из одной молекулы ДНК двух совершенно одинаковых новых осуществляется только благодаря строгой комплементарности этих двух пар оснований. Если же вследствие каких-либо причин комплементарность нарушается, то при последующих делениях это может привести к изменению порядка оснований в сложной структуре нуклеиновых кислот, в чем по существу и заключается смысл генной или точечной мутации (см. рис. 2).

Наиболее интересны в этом отношении мутации, вызванные некоторыми химическими агентами, так называемыми мутагенными веществами, действие которых было впервые изучено Ш. Ауэрбах и И. А. Рапопортом. К таким веществам относятся азотистая кислота, алкилирующие агенты (спириты, этиленимины, алкилсульфаты и др.), галогензамещенные и другие производные оснований (5-бромурацил, 5-бромдезоксипуридин, 2-аминопурин, 2,6-динаминопурин и др.), некоторые нуклеофильные реагенты (например, гидроксилламин), красители (акридиновый оранжевый, метиленовый синий) и ряд других соединений. Механизм действия большинства из этих веществ теперь хорошо изучен; рассмотрим в качестве примера влияние некоторых соединений.

Мутагенное действие азотистой кислоты, которое впервые было исследовано несколько лет тому назад на вирусе табачной мозаики, состоит в дезаминировании оснований нуклеи-

Рис. 2. Примеры генных мутаций, возникших в результате нарушения последовательности оснований в молекуле ДНК. I — строение исходной ДНК; II — замена одного основания другим (А на Г); III — выпадение одного основания (делеция) (Г); IV — включение одного основания (Ц); V — поворот ДНК на 180° (инверсия)



новых кислот. При этом может быть несколько вариаций. В результате дезаминирования цитозина возникает урацил, который способен к образованию водородных связей теперь уже не с гуанином, а с аденином (рис. 3, II); при последующих репликациях ДНК это приводит к замене оснований Ц — Г → Т — А.

Дезаминирование аденина дает гипоксантин, который будет спариваться уже не с тиминами, а с цитозинами (рис. 3, III), в результате чего при последующей репликации ДНК пара оснований А — Т заменяется на Г — Ц.

При дезаминировании гуанина образуется ксантин, однако он, как и гуанин, соединяется с цитозином (рис. 3, IV), поэтому дезаминирование гуанина не вызывает мутации. Как видим, не всякое изменение в основаниях нуклеиновых кислот приводит к мутации.

Таким образом, при действии азотистой кислоты следует ожидать замены пары А — Т на Г — Ц и Г — Ц на А — Т в ДНК и соответствующих замен в РНК с учетом, что вместо тимина становится урацил. Далее мы увидим, к каким последствиям могут приводить подобные замены.

В настоящее время хорошо изучен молекулярный механизм действия многих других мутагенных веществ. Например, геометрически подобный тимину 5-бромурацил, входящий в ДНК при репликации, может образовывать пары с аденином и с гуанином; в результате этого будут возникать при дальнейшей репликации ДНК замены пар оснований Г — Ц → А — Т и А — Т → Г — Ц. Включение 2-аминопурина в ДНК, который может образовывать пары как с тиминами, так и с цитозинами, обычно приводит к замене А — Т → Г — Ц и Г — Ц → А — Т.

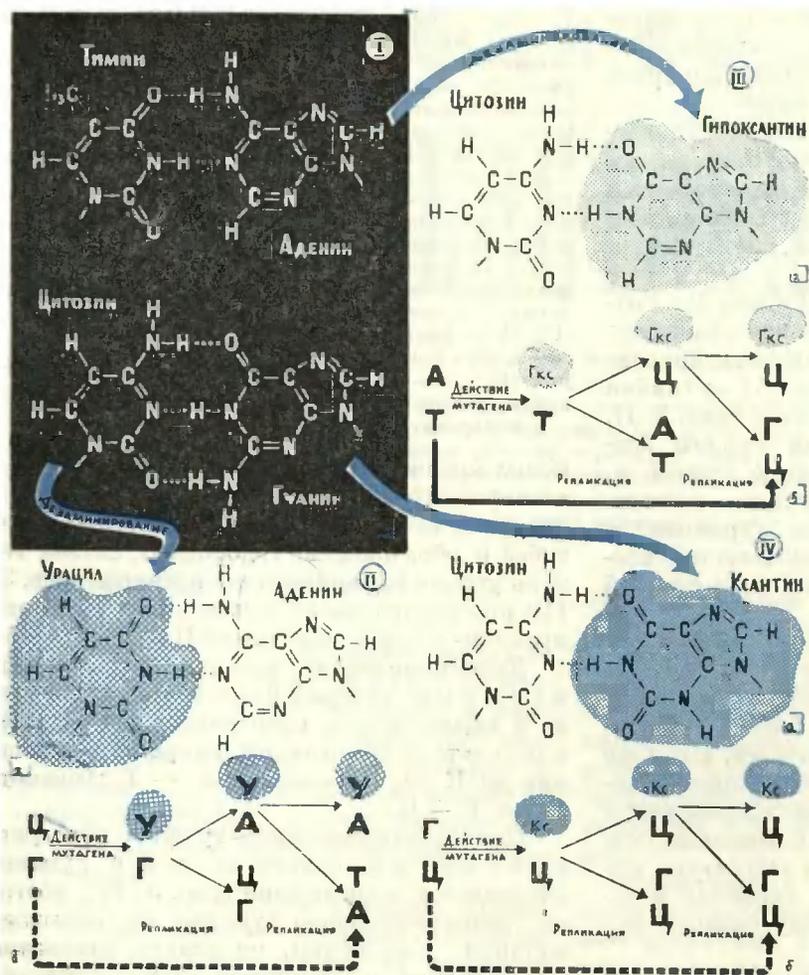


Рис. 3. Молекулярный механизм мутагенного действия дезаминирующих веществ. I — исходные комплементарные пары оснований ДНК Т — А и Ц — Г; II — дезаминирование цитозина приводит к образованию урацила (а), что вызывает при последующих делениях и репликациях ДНК замену пары Ц — Г на Т — А (б); III — при дезаминировании аденина образуется гипоксантин (а), а это вызывает замену пары оснований А — Т на Г — Ц (б); IV — в результате дезаминирования гуанина образуется ксантин (а), что не приводит к замене пар оснований при последующих репликациях ДНК (б)

Достаточно хорошо изучен также молекулярный механизм действия большой группы других мутагенных веществ — алкилирующих агентов, из которых многие с успехом применяются при лечении злокачественных новообразований. Как правило, такие соединения алкилируют атом азота в гуанине, вследствие чего это основание выпадает из общей цепи ДНК или РНК. Бифункциональные алкилирующие соединения, например азотистый иприт типа  $\text{CH}_3\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl})_2$ , как видно из исследований последних лет, могут алкилировать два ос-

татка гуанина с образованием соединения, показанного на рис. 4. Кстати, такое соединение было выделено экспериментально после обработки нуклеиновых кислот азотистым ипритом. Это послужило основанием для предположения, что в молекуле ДНК бифункциональные алкилирующие агенты могут вызвать изменения сразу в обеих противоположных цепях ДНК, алкилируя в них остатки гуанина. Может быть, этим и объясняется тот факт, что бис-алкилирующие мутагенные соединения оказываются эффективными при лечении злокачественных опухолей, тогда как монофункциональные соединения значительно менее действенны.

Молекулярный механизм действия таких мутагенных соединений, как гидроксилламин, гидразин, акридины, освещен во многих обзорах, опубликованных в последние годы в отечественной и зарубежной литературе. Следует сделать лишь одно дополнение. Как показали исследования последних лет, достаточно выраженной мутагенной активностью обладают и ацилирующие соединения, в частности фторангидриды эфиров. Эти данные представляют

особый интерес в связи с широким применением в настоящее время фосфорсодержащих соединений в качестве инсектицидов, мутагенная активность которых изучается пока крайне недостаточно.

#### ТЯЖЕЛЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Рассмотрим последствия, которые могут возникать в результате мутаций. Прежде всего следует напомнить, что основная функция генов и хромосом состоит в регуляции синтеза ферментов, от которых зависят все

обменные процессы в организме. Вот почему говорят, что гены определяют конституцию всякого организма. От них зависят, например, телосложение человека, рост, цвет волос и глаз, группа крови, состав ферментов в различных тканях и многое другое. Поэтому изменения в геномном и хромосомном аппарате приводят к нарушениям синтеза ферментов и обмена веществ. Если эти изменения серьезные, как при действии больших доз проникающей радиации или при нарушении деления хромосом в мейозе (деление половых клеток), то и обменные процессы в клетке организма сильно изменяются, что вызывает тяжелые, а иногда и смертельные заболевания. В последнем случае говорят о летальных мутациях.

За последние годы благодаря успехам цитогенетики стало возможным объяснить причину некоторых тяжелых наследственных заболеваний, с которыми человечество сталкивалось уже давно и которые ранее связывали с эндокринными нарушениями. Достаточно сказать, что лишь в 1956 г. было окончательно установлено число хромосом человека. Как стало известно, болезнь Дауна, тяжелое наследственное заболевание, которое встречается довольно часто (один случай на каждые 650 новорожденных), вызывается нарушением расхождения по 21-й хромосоме в мейозе. В результате этого оплодотворенная клетка — зигота — содержит на одну хромосому больше, т. е. не 46, а 47, что и обуславливает это заболевание<sup>1</sup>.

Другое заболевание человека, связанное с отклонением в гормональном обмене, синдром Клайнфельтера, также обусловлено нарушением расхождения хромосом, в частности икс-хромосом, в мейозе. Нерасхождение половых хромосом вызывает и другие наследственные заболевания, например синдром Тернера (первичную аменорею).

В настоящее время цитогенетика накапливает все больше данных, позволяющих находить закономерности между нарушениями хромосомного аппарата и различными заболеваниями. Однако чаще всего нарушения обмена вызываются мутациями, затрагивающими отдельные гены. К подобным мута-

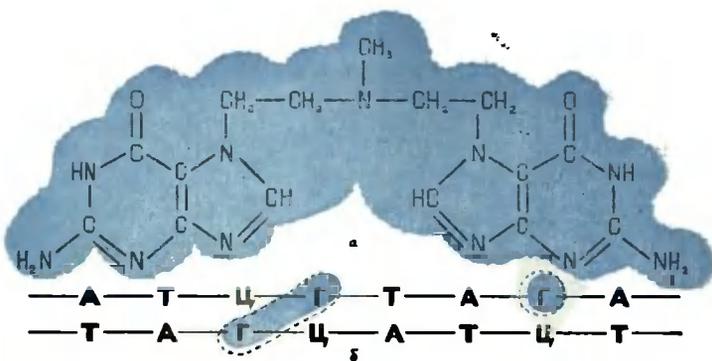


Рис. 4. Продукт взаимодействия бис-алкилирующего соединения  $\text{CH}_3\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl})_2$  с двумя остатками гуанина (а); гипотетическая схема «сшивания» двух противоположащих спиралей ДНК бис-алкилирующими соединениями путем взаимодействия с остатками гуанина (б); для сравнения показано алкилирование одного остатка гуанина в одной спирали ДНК

циям относятся мутации окраски животных, примером которых служит альбинизм — белый волосной покров и розовый цвет глаз из-за отсутствия пигмента меланина; мутации распространения окраски — белая прядь волос; вьющиеся волосы и облысение, форма лысины и др.

Известны случаи, когда генные мутации вызывают серьезные нарушения обмена веществ и тяжелые общие заболевания: расстройство органов зрения (цветную слепоту), гемофилию, подагру, некоторые заболевания почек, многие виды гормональных и психических расстройств. Рассмотрим лишь некоторые, наиболее хорошо изученные генетические нарушения ферментативных процессов.

Как уже отмечалось, одна из мутаций окраски — альбинизм возникает в результате отсутствия в организме пигмента меланина, который образуется из тирозина через ряд промежуточных стадий. На первой стадии образования пигмента тирозин превращается в 3,4-диоксифенилаланин (ДОФА) при участии фермента тирозиназы (рис. 5). Как показали биохимические исследования, у полных альбиносов этот фермент отсутствует, и процесс образования пигмента из тирозина прерывается на первой же стадии. Таким образом, основная причина альбинизма заключается в отсутствии в организме тирозиназы, что связано с мутацией гена, регулирующего синтез данного фермента.

Другой пример наследственных изменений в тирозиновом обмене — алкаптониу-

<sup>1</sup> См. «Природа», 1965, № 5, стр. 20—27.



Рис. 5. Схема фенилаланин-тирозинового обмена у человека. Волнистыми линиями указаны пункты, в которых эта последовательность, по-видимому, нарушена вследствие генных мутаций: I — фенилкетонурия, II — альбинизм, III — тирокетонурия и IV — алкаптонурия

р и я. При этом заболевании моча, а иногда даже и некоторые ткани человека, например хрящи, имеют темную окраску. Оказалось, что это связано с накоплением в моче и тканях больного большого количества 2,5-диоксифенилуксусной кислоты (ДФУ), окисление которой приводит к образованию черного пигмента. У здоровых людей ДФУ с помощью соответствующих ферментов разлагается на углекислый газ и воду. У людей, страдающих алкаптонурией, такого расщепления не происходит. По-видимому, данное заболевание обусловлено отсутствием у больных соответствующего фермента, способствующего дальнейшему превращению ДФУ.

В 1934 г. А. Фёллинг описал еще одну генетическую аномалию обмена в системе фенилаланин—тирозин. Фёллинг установил, что некоторые умственно отсталые люди выделяют в моче большое количество фенилпирувиноградной кислоты, чего не наблюдается у здоровых людей. Исследование этих больных выявило, что в их роду умственная отсталость и аномалия состава мочи всегда взаимосвязаны. Однако этот вопрос до конца еще не изучен. Высказано предположение, что при данном синдроме у больных отсутствует фермент, способствующий превращению фенилаланина в тирозин, т. е. нарушается основной путь, по которому организм удовлетворяет свои потребности в тирозине, а фенилаланин в почках превращается в фенилпирувиноградную кислоту.

Наследственные генные мутации проявляются и в других, самых разнообразных изменениях обмена веществ, например в углеводном обмене. Известны случаи наследственного диабета — нарушения синтеза инсулина в организме.

Как стало известно, галактоземия обусловлена очень низкой активностью или полным отсутствием в печени и эритроцитах фермента галактозо-1-фосфатуридилтрансферазы, в результате чего блокируются дальнейшие превращения галактозо-1-фосфата, образующегося при фосфорилировании галактозы, что и служит основной причиной развития всего синдрома заболевания (слабоумие, гепатомегалия, галактозурия, цирроз и др.).

Другое заболевание — фруктозурия объясняется тем, что нарушается синтез фермента фруктокиназы, играющего важную роль в гликогенолизе. Известны случаи нарушения синтеза глюкозо-6-фосфата, фермента, важного для обмена углеводов.

Подобных примеров извращения ферментативных процессов вследствие мутации генов, регулирующих синтез белковых молекул ферментов, существует немало, однако сошлемся еще лишь на один, ставший уже классическим. В районах эндемической малярии в Южной Африке распространено тяжелое заболевание крови — серповидная анемия. Биохимические исследования показали, что эта болезнь связана с генной мутацией, в результате которой одна из 300 аминокислот гемоглобина (глутаминовая кислота) заменяется другой (валином). Подобная замена в пептидной цепи приводит к изменению заряда молекул гемоглобина, электростатического взаимодействия между ними, и вызывает кристаллизацию гемоглобина. Человек, страдающий серповидной анемией, обычно умирает в раннем возрасте.

Интересно, что люди, не болеющие серповидной анемией, более чувствительны к малярии, чем те, которые несут этот мутантный признак. По-видимому, в этом причина своеобразного «биологического равновесия», в результате которого данный мутант оказывается устойчивым в районах, где распространена малярия. Следует отметить, что при другой мутации, когда в молекуле гемоглобина глутаминовая кислота заменена лизином, серповидная анемия не наблюдается.

Изучение серповидной анемии оказалось первым случаем, когда удалось на молекулярном уровне познать сущность проявле-

ния генной мутации, т. е. показать, что мутация вызывает определенные изменения аминокислотного состава белка, в данном случае — гемоглобина. С тех пор окончательно утвердился в биологии термин «молекулярное заболевание».

Таким образом, полностью оправдывается положение, согласно которому отдельные гены контролируют синтез белков и ферментов, и что при нарушении гена изменяется структура белка (фермента), а это, в свою очередь, ведет к нарушению обмена веществ и целому ряду других биохимических извращений. Познание сущности биохимических изменений при генетических заболеваниях помогает правильному лечению. Так, после того как было показано, что фенилкетонурия обусловлена недостаточностью ферментативной системы, превращающей фенилаланин в тирозин, был определен и один из способов лечения этого заболевания: больные стали получать диету с ограниченным содержанием фенилаланина.

#### ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД, МУТАЦИЯ И СТРУКТУРА БЕЛКОВ

Возникает вопрос, каким образом мутации гена приводят к нарушениям в синтезе белка. Вопрос этот тесно связан с представлениями о том, как содержащаяся в генах информация определяет строение белков<sup>1</sup>.

Некоторые наиболее важные и поистине изумительные достижения в изучении генетического кода были сделаны в последние три года благодаря работам М. Ниренберга, Д. Маттеи, С. Очоа, О. Джонса и других исследователей.

Активированные аминокислоты переносятся к соответствующим местам на информационной РНК с помощью молекул РНК-переносчика, так называемой транспортной РНК. Это — особая форма рибонуклеиновой кислоты со спирально закрученной молекулой, на свободном конце которой соблюдена определенная последовательность оснований, точно соответствующая определенному кодону — участку из трех оснований в молекуле информационной РНК. Это соответствие кодона и комплементарного участка в транспортной РНК и определяет место транспортной РНК на поверхности информационной РНК, а следовательно, и место аминокислоты, которую данная РНК до-

ставила для синтеза полипептида, осуществляемого с помощью ферментов.

Таким образом, строение кодонов в ДНК и информационной РНК, а также определенная последовательность кодонов в молекулах этих нуклеиновых кислот, по существу, и определяют первичную структуру белка. Строение кодонов для всех аминокислот пока еще не определено, но для многих из них можно считать установленным. Так, для фенилаланина кодоном служит УУУ, для лизина — ААА, для пролина — ЦЦЦ, для серина — ЦУУ, для валина — ГУУ и т. д. Если же вследствие мутации в кодоне произойдет замена даже какого-нибудь одного основания, т. е. образуется, по существу, новый кодон, то ему, естественно, может соответствовать комплементарная часть другой транспортной РНК, что приведет к включению новой аминокислоты в структуру белка. В этом отношении интересен ранее приведенный пример заболевания серповидной анемией.

Как уже отмечалось, существуют две наиболее распространенные необычные формы молекулы гемоглобина, в которых вместо глутаминовой кислоты стоят валин и лизин (табл. 1). Если сравнить структуру кодонов для этих аминокислот, то они окажутся удивительно сходными. Можно предположить, что эти два необычных гемоглобина возникли в результате мутации в гене, контролирующем образование гемоглобина. Действительно, структура кодонов этих трех аминокислот такова, что вполне возможна замена одного основания другим. Одним из вероятных кодонов для глутаминовой кислоты служит АГУ. В результате замены А на У образуется УГУ — возможное кодирующее сочетан-

Таблица 1

Форма гемоглобина	Элемент полипептидной цепи	Предполагаемое строение кодона
Нормальный гемоглобин	-Гис-Вал-Лей-Лей-Тре-Про-Глу-Глу-Лиз-	АГУ
Гемоглобин при серповидной анемии	-Гис-Вал-Лей-Лей-Тре-Про-Вал-Глу-Лиз-	УГУ
Другая форма аномального гемоглобина	-Гис-Вал-Лей-Лей-Тре-Про-Лиз-Глу-Лиз-	АГА

Принятые сокращения в названии аминокислот: Гис(тидин); Вал(ин); Лей(цин); Тре(онин); Про(лин); Глу(тамин); Лиз(ин).

<sup>1</sup> См. «Природа», 1965, № 5, стр. 27—31.

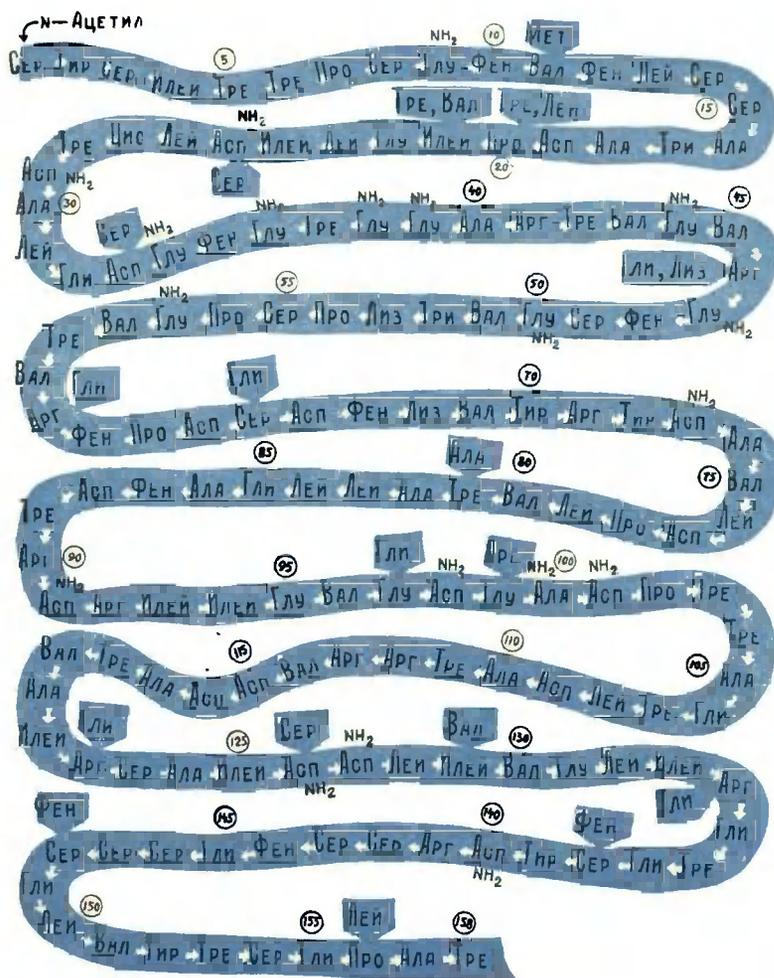


Рис. 6. Изменения в пептидной цепи молекулы белка вируса табачной мозаики (ВТМ) под влиянием мутагенных веществ. В квадратах показаны те аминокислоты, которые в данном месте в результате мутации включаются в полипептидную цепь

ние для валина (возникает серповидная анемия), замена же У на А приводит к АГА — одной из кодирующих групп для лизина (появляется вторая форма аномального гемоглобина). Известны и другие примеры, когда замену аминокислот в белковых молекулах можно объяснить изменениями оснований в риблетах.

Таким образом, возникает возможность предвидения и даже целенаправленного изменения структуры молекулы белка под действием мутагенных реагентов, которые, как мы видели раньше, вызывают вполне определенные изменения оснований нуклеиновых кислот. Первые экспериментальные исследования в этом направлении уже начаты и

получены обнадеживающие данные.

В последние годы в лабораториях Г. Френкель-Конрата, Г. Уитмана и других исследователей проводились интересные работы по изучению изменения структуры молекулы белка вируса табачной мозаики под действием химических мутагенов<sup>1</sup>. Так, в первых исследованиях РНК вируса табачной мозаики (ВТМ) была отделена от белка и обработана азотистой кислотой. При этом определенная часть аминокислот адеина, гуанина и цитозина заменилась оксигруппами. Измененная вирусная РНК использовалась для повторного заражения растения и вызвала новое вирусное заболевание табака. Таким образом, оказалось, что мутировавший вирус табачной мозаики отличается по своим свойствам от исходного. Белок мутировавшего вируса обнаружил изменения в аминокислотном составе: остатки пролина, аспарагиновой кислоты и треонина заменились соответственно на остатки лейцина, серина и аланина. Так впервые удалось связать изменение нуклеиновых кислот, вызванное совершенно определенным химическим воздействием, с изменением молекулярной структуры белка.

Помимо мутаций, возникших в результате дезаминирования оснований РНК вируса табачной мозаики, исследовались и другие мутации, возникающие при алкилировании оснований и замены обычных оснований на бромсодержащие. Недавно появилась работа Г. Френкель-Конрата и сотрудников<sup>2</sup>, в которой обобщались результаты исследований в этом направлении. Авторами составлена подробная карта белка ВТМ с указанием изменений в аминокислотном составе белка под действием различных химических мутагенов (рис. 6). При сопоста-

<sup>1</sup> См. «Природа», 1958, № 6, стр. 43.

<sup>2</sup> См. «Biochemistry», v. 3, 1964, № 9, p. 1356.

влении полученных данных с предполагаемыми изменениями в кодонах РНК под влиянием определенных химических агентов, в большинстве случаев наблюдалось хорошее соответствие. В табл. 2 приведены наиболее часто наблюдаемые изменения аминокислотного состава белка ВТМ и предполагаемые

Таблица 2

Изменения аминокислот в белке	Предполагаемые изменения в кодонах РНК
Асп (NH <sub>2</sub> ) → Сер	АЦА → ГЦА
Тре → Илей	ЦАА → УАА
Сер → Фен	ЦУУ → УУУ
Про → Сер	ЦЦУ → УЦУ
Лей → Фен	ЦУУ → УУУ
Арг → Гли	АГА → ГГА
Про → Лей	ЦУЦ → УУЦ
Илей → Вал	АУУ → ГУУ

изменения в кодонах из-за дезаминирования оснований РНК. В частности, применение мутагенного вещества, вызывающего дезаминирование оснований, приводит к замене аспарагиновой кислоты на серин (см. рис. 6, аминокислота в 25-м положении). Одним из вероятных кодонов для аспарагиновой кислоты является АЦА. Из-за замены А на Г, что вполне вероятно при действии мутагенов, вызывающих дезаминирование, образуется ГЦА — один из возможных кодонов для серина, в результате чего в данном месте полипептидной цепи вместо аспарагиновой кислоты включается серин. При дезаминировании Ц в ЦАА-кодоне для треонина образуется УАА — кодон для включения изолейцина и т. д.

Аналогичные данные по изменению аминокислотного состава молекулы белка ВТМ, которые хорошо согласуются с возможными изменениями в строении кодонов, были получены при использовании других мутагенных веществ — алкилирующих соединений и бромированных оснований.

Исследования изменений в полипептидной цепи белков из-за нарушения в структуре кодонов нуклеиновых кислот под действием химических мутагенов экспериментально подтвердили общие теоретические положения о генетическом коде и существующие представления о сущности химического мутагенеза. Эти исследования, по-видимому, смогут помочь расшифровать последовательность кодонов в нуклеиновых кислотах. Очевидно, в первую очередь это можно будет лег-

че проследить на изменении структуры монотонно построенных белков, например фибрина шелка. Подобные работы бесспорно имеют большое практическое значение.

Таким образом, успехи современной биологии и генетики позволяют понять на молекулярном уровне причины нарушения определенного ферментативного процесса вследствие мутации гена, регулирующего образование данного фермента. Именно с этих позиций и следует понимать ранее рассмотренные примеры генетических нарушений ферментативных процессов, молекулярный механизм химического мутагенеза и действие проникающей радиации. Все эти процессы возникают как результат нарушений в хромосомном аппарате. С этой точки зрения, старение организма есть также не что иное как постепенное накопление мелких незаметных мутаций, которые вначале не сказываются на функциях организма, мало влияя на обмен веществ. Однако постепенно, изменяя детали обмена веществ, мутации накапливаются все больше и больше, и приводят в конечном результате организм к старости и смерти.

#### НА СЛУЖБУ ЧЕЛОВЕКУ

Конечно, могут быть и положительные мутации, которые вызывают усиление определенных видов ферментативной деятельности и способствуют лучшей приспособляемости организма к влиянию внешней среды. Такие мутации тщательно исследуются селекционерами для получения новых линий организмов с желаемыми свойствами. Смысл этой работы заключается в том, что из большого числа мутантов отбираются особи с наиболее подходящими наследственными признаками; эти особи становятся родоначальниками дальнейших популяций, из которых в результате последующих мутаций и отбора получают еще более высокопродуктивные линии. Естественно, что больше вероятности встретить положительную мутацию в том случае, если высока частота мутаций. Для этого обычно используют рентгеновское или гамма-облучение и некоторые мутагенные вещества.

В настоящее время за рубежом и в СССР достигнуты большие успехи в превращении низкопродуктивных штаммов актиномицетов, одноклеточных водорослей и бактерий в высокопродуктивные, широко используемые в практике. Достаточно сказать, что за короткие сроки в нашей стране было выве-

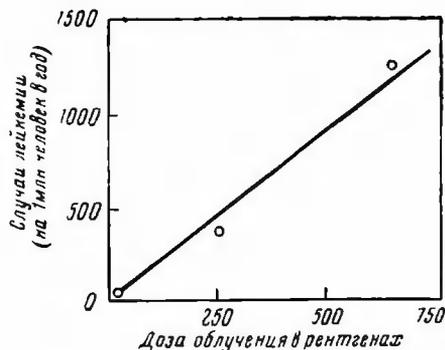


Рис. 7. Зависимость частоты случаев лейкемии от дозы облучения

дено более 1000 новых линий низших организмов, которые обладают желаемыми свойствами и с успехом используются в медицинской и пищевой промышленности, в сельском хозяйстве и других областях народного хозяйства. При получении этих линий продуктивность первоначальных штаммов удалось повысить в несколько, а иногда в сотни и тысячи раз. Так, в отечественной биосинтетической промышленности в результате мутации штамма грибка — продуцента биоминина удалось под влиянием химического мутагена этиленimina поднять выход продукции в пять раз. При помощи этиленimina повышена производительность продуцента канамицина в четыре раза. В результате химической мутации штамма грибка удалось в три раза повысить синтез новобиоцина.

Интересны в этом отношении данные Научно-исследовательского института антибиотиков Министерства здравоохранения СССР. Использование мутагенных штаммов грибов позволило получить большое «сверхплановое» количество антибиотиков: по пенициллину это составило около 20 млн. дополнительных курсов лечения, по биоминину — 21 млн., по тетрациклину — 2 млн. и т. д. Стоимость дополнительно полученной продукции составила за четыре года около 30 млн. рублей.

Большие успехи от внедрения мутантных форм, полученных в результате облучения и использования химических препаратов, достигнуты в сельском хозяйстве при выведении новых линий и сортов сельскохозяйственных культур: пшеницы, кукурузы, свеклы, картофеля и др.

#### В БОРЬБЕ С ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ ОПУХОЛЯМИ

Следует сказать и о применении мутагенных веществ для лечения злокачествен-

ных новообразований. Именно познание мутагенных свойств некоторых алкилирующих соединений, например азотистых ипритов и этилениминов, о механизме действия которых уже упоминалось ранее, привело к созданию новых достаточно эффективных противораковых препаратов. Можно смело утверждать, что в ближайшем будущем удастся создать «эрлиховскую пулю» против раковой клетки. Однако для того, чтобы такая «пуля» была высоко специфична и поражала точно определенное биохимическое звено в раковой клетке, необходимо знать всю цепь последовательных процессов злокачественного перерождения различных клеток, чего, к сожалению, пока биология не достигла. Последние успехи в изучении этиологии рака позволяют надеяться, что и эта проблема будет в скором времени решена.

Есть основания считать, что в этиологии рака существенную роль играют вирусы. Однако вирусная теория возникновения рака пока не может дать исчерпывающего ответа на многие вопросы. Непонятно, например, почему рак в организме в ряде случаев не проявляется, хотя вирусом, очевидно, заражено большинство людей. Очевидно, для того чтобы болезнь проявилась, должно произойти какое-то событие. По-видимому, таким фактором является своеобразная мутация. Вероятно, в момент дупликации хромосом, когда ДНК распадается на хроматиды, вирус, представляющий собой по существу дезоксирибонуклеиновую кислоту, попадает в наследственную хромосому, а затем дает раковую информацию, которая для соматических клеток становится наследственной. Рак, по-видимому, представляет собой сложное генетическое заболевание, а если это так, то следует признать его вирусно-генетическую этиологию.

Как известно, действие проникающей радиации служит одной из причин заболевания раком и при этом существует определенная пропорциональность между дозой радиации и частотой злокачественных заболеваний. Причем эта доза может составить всего лишь несколько рентген в течение всей жизни человека.

Известны случаи лейкемии среди групп населения, подвергшихся облучению. Интересны в этом отношении данные о частоте заболевания лейкемией людей, перенесших атомную бомбардировку Хиросимы и Нагасаки. Анализ полученных данных (рис. 7) позволяет утверждать, что число заболеваний

лейкемией прямо пропорционально дозе облучения. Это верно даже для людей, у которых доза облучения составила всего лишь 25 р.

Ежегодно во всем мире наблюдается около 150 тыс. случаев заболевания лейкемией, из которых, как полагают исследователи, 15—30 тыс. вызываются космическими лучами и естественной радиоактивностью.

### ПРОНИКАЮЩАЯ РАДИАЦИЯ И НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ

Остановимся несколько подробнее на вопросе о влиянии ионизирующих излучений на хромосомы половых клеток и на наследственность.

В 1927 г. в опытах на дрозофилах Г. Д. Мёллер установил, что действие рентгеновских лучей приводит к повышению частоты мутаций. За это открытие в 1946 г. ему была присуждена Нобелевская премия. Одновременно такие же результаты были получены на кукурузе и дрожжах. В последние годы данные Мёллера были подтверждены на растениях и животных, в частности показано, что все ионизирующие излучения «мутагенны» и для человека.

В связи с этим Г. Д. Мёллер и многие другие ученые в 30-х годах подняли вопрос о генетической опасности облучения половых желез человека. Но в это время внимание мировой общественности было приковано к другой, более реальной и страшной опасности — угрозе со стороны фашистского милитаризма. Вскоре началась война, и в 1945 г. мир был потрясен взрывами двух атомных бомб, сброшенных на Хиросиму и Нагасаки. Человечество изобрело новое мощное оружие и приступило к его совершенствованию, что связано с проведением многочисленных серий испытаний атомных бомб. Это послужило причиной повышения естественного фона радиации, что в свою очередь привело к повышению частоты мутаций в хромосомах половых клеток человека. Вот почему в наши дни поднятый учеными вопрос об огромной опасности для будущих поколений действия радиации на половые железы человека приобрел особую актуальность.

За год человек получает вследствие естественного космического излучения и разных других видов излучений около 0,1 р. За 30 лет (средний возраст, в котором люди становятся родителями) человек получает всего три

рентгена. Никто не знает точно, сколько мутаций в организме вызывается фоновым излучением, однако, как считают некоторые исследователи, эти три рентгена — основная причина того, что за одно поколение на человека в среднем приходится одна мутация. Эта цифра вычислена на основании колоссального числа опытов по определению частоты самопроизвольной мутации. В среднем, она измеряется величиной  $1 \cdot 10^{-5}$ — $1 \cdot 10^{-3}$  на один ген в поколение. А так как у человека число генов составляет 50—100 тыс., то выходит, что в среднем на человека за поколение приходится одна мутация. Таким образом, почти каждый из нас приобрел по крайней мере по одной мутации и такой наследственный признак, которого не имел ни один из наших родителей.

Можно привести и другие данные, характеризующие частоту мутаций в живых организмах. Так, за последние 40 лет было установлено 60 мутаций у дрозофилы и 400 мутаций у кукурузы. Об определенной частоте мутаций у человека свидетельствует число наследственных заболеваний. Например, в Дании, США и Англии около 3% рождающихся детей несут ту или иную мутацию. Установлено, что из каждых 40 тыс. новорожденных мальчиков в среднем один, а по некоторым данным три, несет в себе мутировавший ген, обуславливающий развитие гемофилии (патологической кровоточивости). А вот другой пример: каждый один из 1200 новорожденных несет ген а х о н д р о п л а з и и. Это заболевание, при котором нарушается развитие хрящей и трубчатых костей. У больных, которые несут этот ген и выживают (ахондропластические карлики), большие кисти рук, большие головы и короткие трубчатые кости.

Всякое повышение радиоактивного фона за счет выпадения осадков, образующихся при испытании атомного оружия, должно привести к неминуемому повышению частоты мутаций. По подсчетам, сделанным Н. П. Дубининым, Д. Холденом и другими учеными, удвоение частоты мутаций наступает, когда человек за 30 лет получит лишних 10 р. Некоторые ученые считают, что удвоение темпа мутационного процесса наступает и от меньшей «добавочной» дозы — лишь в 3—4 р. Если принять эти данные, то можно сделать вывод, что увеличение фона излучения на 1 р приведет к возрастанию частоты дефектов у новорожденных на 0,4%.

Ежегодно в мире рождается 75 млн. де-

тей. Из них примерно 2% малышей с серьезными дефектами, обусловленными наследственностью. Таким образом, каждый год появляется около 1,5 млн. детей с тяжелыми физическими недугами. Причем 10% мутаций вызывается фоновым облучением. Если учесть, что в результате ядерных испытаний, как полагают многие ученые, и в частности Л. Полинг, фон облучения человека повысился на 0,3 *r* за 30 лет, т. е. на 10% от среднего фонового облучения, то это значит, что частота мутаций возросла на 1%. Иначе говоря, проведение испытаний атомного оружия в тех масштабах, как это делалось до 1964 г., приводит к тому, что в мире ежегодно рождается около 15 тыс. детей с тяжелыми недугами только от этих испытаний.

Естественно, может возникнуть вопрос: почему увеличение частоты мутаций у человека будет приводить к появлению только отрицательных, а не положительных признаков? В принципе, конечно, не исключено, что из десятков или сотен тысяч мутаций появится одна положительная, т. е. из тысячи детей с отрицательными признаками родится один ребенок с выдающимися способностями. Кстати, о подобном случае, или близком к нему, сообщалось в широкой прессе несколько лет тому назад: в Японии, в одной из семей, переживших атомную бомбардировку, родилась девочка, имевшая в раннем возрасте умственное развитие, близкое к уровню 20-летней девушки. Но, во-первых, не всегда организм окажется способным выдерживать столь необычную нагрузку (между прочим, эта девочка вскоре умерла), и во-вторых, что самое важное, положительная мутация возникает крайне редко, как правило, в одном случае из десятков или сотен тысяч.

Ранее мы рассматривали примеры использования положительных мутаций для селекции организмов. Там тоже лишь одна мутация примерно из 10 тыс. оказывалась полезной. Именно эта мутация и берется для

выведения новых линий, а остальные 9999 мутантов отбрасываются. Естественно, что подобные методы отбора не могут быть использованы в человеческом обществе.

Отрицательные мутации не исчезают из зародышевой плазмы человека, и в этом заключается одна из наибольших опасностей влияния радиации на наследственность. Человечество уже несет в себе обширное число вредных наследственных генов и дополнительное облучение их увеличивает. Любопытный пример в этом отношении был приведен в недавно опубликованной работе Л. Полинга. По подсчетам ученого, запасы ядерного оружия в настоящее время составляют около 16 тыс. 20-мегатонных<sup>1</sup> бомб, или в общей сложности 320 тыс. мегатонн (в тротиловом эквиваленте). Внушительность этого числа познается в сравнении: за все времена во всех войнах мира израсходовано тротила около 15 мегатонн, в том числе около 3 мегатонны в первой мировой войне и 6 мегатонн — во второй. Во время ядерных испытаний, проведенных во всем мире, мощность испытанных средств составила 0,2% мировых запасов (~600 мегатонн), в результате чего концентрация радиоактивного углерода-14 в атмосфере повысилась примерно на 10%. Действие излучений, образовавшихся при взрывах радиоактивных продуктов, будет сказываться на людях еще сотни и тысячи лет: во-первых, потому, что период полураспада углерода-14 составляет 5568 лет, а во-вторых, потому, что генетическое влияние мутаций, возникших вследствие испытаний атомного оружия в середине XX в., будет проявляться во многих последующих поколениях.

Вот почему ученые всего мира и все прогрессивное человечество настойчиво добиваются окончательного запрещения всех видов испытаний атомного оружия.

УДК 575.24

<sup>1</sup> Мегатонна — миллион.

*Читайте в следующем, № 10 журнала «Природа»*

**СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ.** Статья *проф. А. С. Компанейца*

**СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ МОЛЕКУЛ.** Статья *проф. Э. В. Шпольского*

**МАГНИТОБИОЛОГИЯ.** Статья *Ю. А. Холодова*

**МЕЗОМЕТЕОРОЛОГИЯ.** Статья *Н. И. Новожилова*

# ПРОБЛЕМА синтеза пищи

Академик А. Н. Несмеянов,

В. М. Великов

Кандидат химических наук

Институт элементоорганических соединений АН СССР (Москва)

Хотя в первобытном быте, особенно же в охотническо-пастушеском, многое из необходимого для людей прямо должно было получиться от животных, но уже ныне человечество настолько освободилось от этой печальной необходимости, что мыслима возможность совершенно набавиться в пище, одежде и всем прочем от потребности в каких-либо животных для продолжения всего развития людей.

Д. И. Менделеев

Огромные успехи, достигнутые химической наукой и техникой, привели к тому, что в настоящее время не существует принципиальных трудностей для синтеза любых органических веществ, существующих в природе или заданных разумной структурой молекулы. Человечество производит необходимые ему органические вещества или посредством сельского хозяйства, или индустриально; в этом последнем случае либо химическим синтезом, либо микробиологическим путем, который по характеру производства, интенсивности и малой трудоемкости близок к химическому производству.

В течение всей истории существования человека, вплоть до половины прошлого столетия, все потребное человеку, кроме неблагородных металлов, кирпича, цемента и стекла, бралось готовым из природных или сельскохозяйственных ресурсов и, путем несложной переработки, принципиально не менявшейся в течение тысячелетий, превращалось в потребительские товары — пищу, одежду, обувь, жилища, топливо, средства транспорта, «культтовары», медикаменты. Вторжение синтетической химии в эту тысячелетнюю область деятельности человека началось в середине XIX в. и именно с открытия и бурного продвижения в индустрию синтетических «анилиновых» красителей. Синтетические красители теперь полностью вытеснили естественные: культуры вайды, дававшей индиго, и марены, из кото-

рой добывался ализарин, постепенно исчезли с лица земли.

За красителями последовали синтетические медикаменты, производство которых было основано на том же ароматическом сырье, что и производство красителей. Успехи синтетической химии лекарственных веществ сильно содействовали развитию фармакологии.

Следующей «жертвой» синтеза стал естественный каучук. Синтетические каучуки, растущее из года в год, производство которых впервые началось в СССР в 1934 г., появились вслед за бакелитами и вместе с ними оказались первыми чисто синтетическими высокомолекулярными материалами.

Сороковые годы нашего века принесли, начиная с найлона, ряд великолепных синтетических волокон, более дешевых и прочных, чем любые естественные, пригодных для производства тканей и мехов, превосходящих натуральные и не сравнимых с ними по цене. Синтетическая кожа (точнее, заменители кожи) с успехом вытесняют кожаную подошву и кожаный верх обуви и кожу в технических изделиях. Особенно перспективен в этом отношении новый материал «корфам» (США).

Неизвестно, долго ли продлится в одежде и обуви «мирное сосуществование» естественного и искусственного волокна, натуральной и искусственной кожи, но ясно одно, что совершенствование и удешевление этих заменителей развивается такими темпами, что

сельскохозяйственные продукты обречены. По данным 1963 г. мировое производство синтетических смол, пластмасс и волокон в общей сложности достигло 15 млн. т, а вместе с синтетическим каучуком около 20 млн. т. Таким образом, современная химическая промышленность органических веществ сделала и громадный количественный скачок, перейдя от сотен тысяч к десяткам миллионов тонн потребительской продукции.

Возникает вопрос, какую роль должен сыграть индустриальный синтез в производстве пищи, в области, в которой химия играет пока лишь вспомогательную роль и никак не претендует на соперничество с сельским хозяйством, ограничиваясь лишь помощью ему удобрениями, инсектицидами, ростовыми веществами и т. д. По существу же производство пищи сейчас ничем не отличается от производства ее в далекие времена, а между тем мысль о большой роли, принадлежащей синтетической органической химии в обеспечении человечества изобилием продуктов питания, уже давно занимала выдающихся химиков.

В эпиграфе к настоящей статье мы привели интересное высказывание по этому поводу нашего великого химика Д. И. Менделеева. Аналогичные мысли высказывал один из крупнейших основателей синтетической химии прошлого века М. Бертелло.

...«Часто говорят о будущем человеческого общества, и я хочу представить его таким, каким оно будет в 2000 году — разумеется, с точки зрения химика. Тогда уже не будет ни пастухов, ни хлебопашцев: продукты питания будут создаваться химией. Не будет ни шахт, в которых добывают каменный уголь, ни горной промышленности. Благодаря успехам химии и физики будет решена также проблема топлива... Когда будет получена дешевая энергия, станет возможным осуществить синтез продуктов питания из углерода (полученного из углекислого газа), из водорода (добытого из воды), из азота и кислорода (извлеченных из атмосферы).

Ту работу, которую до сих пор выполняли растения при помощи энергии Солнца, мы уже осуществляем и в недалеком будущем осуществим в более широких масштабах, ибо власть химии безгранична...

Азотистые вещества, синтетические жиры, крахмал или сахар — все это будут изготовлять наши заводы в огромном количестве; производство искусственных продуктов питания не будет зависеть ни от времени года, ни от дождей, ни от засухи, ни от мороза, и, наконец, все это не будет содержать болезнетворных микробов — первопричины эпидемий и врага человеческой жизни.

Химия осуществит коренной переворот, важность которого никто не может представить. Исчезнет разница между урожайными и неурожайными районами.

Но не думайте, что в этой всемирной державе могущества химии исчезнут искусство, красота, очарование человеческой жизни. Если землю перестанут использовать для выращивания продуктов сельского хозяйства, она вновь покроется травами, лесами, цветами, превратится в обширный сад, орошаемый подземными водами, в котором люди будут жить в изобилии и испытают все радости легендарного «золотого века»<sup>1</sup>.

Реальна ли постановка вопроса о синтетической пище в настоящее время или хотя бы в перспективе? Ответ на этот вопрос и есть задача данной статьи.

Известно, что человек нуждается, не считая воды, в пяти группах составных частей пищевого рациона: белках, углеводах, жирах, витаминах и минеральных солях. Что касается энергосодержащих, то с пищей взрослый человек должен получить в сутки от 2500 до 4000 ккал, в зависимости от интенсивности его физической работы. В наш век механизации можно принять в среднем 3000 ккал

Таблица 1

Средняя суточная потребность взрослого человека в основных группах пищевых веществ (по А. А. Покровскому)

Пищевые вещества	Потребность (в г)	Пищевые вещества	Потребность (в г)
Вода	1750—2200	Соли	20
Белки	80—100	Витамины	0,1
Углеводы	400—500	(без холина)	0,5—1
Жиры	80—100	Холин	

В таблице 1 приведена средняя суммарная дневная потребность взрослого человека в каждой из пяти групп рациона. Из нее видно, что потребность в витаминах (всего 0,1 г в сутки на человека, если не считать очень дешевого холина, которого нужно еще 0,5—1 г) и в солях (около 20 г, из которых 10 г поваренной соли) так мала и так легко может быть удовлетворена, что лишь исторически сложившимися условиями можно объяснить причиняемый еще и в настоящее время большой ущерб человечеству авитаминозами и витаминной недостаточностью разных степеней, а также эндемиями, зависящими от недостатка в местности того или иного элемента (например, зоб при недостатке йода).

К проблеме синтетической пищи сказанное выше имеет лишь то отношение, что такая пища, несомненно, должна быть снабже-

<sup>1</sup> М. Berthelot. Science et Morale, Paris, 1897, p. 513.

па всеми необходимыми солями и витаминами. Поскольку все витамины уже теперь производятся или химическим или микробиологическим путем, т. е. индустриально, и необходимы, как и соли, в относительно ничтожных количествах, то нет никаких принципиальных трудностей для повышения их производства до любых потребных размеров. С промышленным производством витаминов мы уже вступили в век индустриального сельскохозяйственного производства пищевых веществ, которые частью расходуются и как кормовые.

Остановимся на трех остальных, главных по весу, группах пищевых веществ. В то время, как задача витаминов и части солей состоит в том, чтобы ввести в организм минимальное количество некоторых молекул, необходимых для построения ферментов и атомов, обеспечивающих те или иные функции — ионный метаболизм, построение гормонов, ферментов, плазматических составных частей, нуклеопротеидов (фосфор), роль остальных трех групп заключается в обеспечении организма энергией и строительным материалом. Большую часть первой функции несут углеводы и жиры, большую часть второй — белки.

В этом состоит важное различие групп питательных веществ. Углеводы и жиры как поставщики энергии в ходе потребления «сгорают» и тем самым теряют свою химическую индивидуальность. Не только отдельные компоненты этих двух групп могут заменять друг друга, но и сами эти две группы в широких пределах взаимозаменяемы и взаимопревратимы в организме. Жиры организма несут, помимо энергетической, также некоторую структурную и физико-химическую нагрузку, строя липоидные системы, являясь растворителями для некоторых витаминов и т. д. Кроме того, небольшое количество полиненасыщенных жирных кислот (3—6 г) необходимо организму в виде индивидуальных и незаменимых молекул.

Другое дело белки. Они служат единственными поставщиками азота для организма. Строясь из аминокислотных остатков и распадаясь в пищевом тракте на аминокислоты, они поставляют эти структурные кирпичики для создания собственных белков организма, причем из двадцати потребных организму разнообразных аминокислот восемь, так называемые незаменимые, непременно должны содержаться в пище. Это — триптофан, лейцин, изолейцин, валин, треонин, лизин,

метионин и фенилаланин. Для детей к ним добавляется девятая — аргинин.

Пища должна содержать эти аминокислоты в строго определенном оптимальном соотношении. Остальные заменимые аминокислоты могут быть построены организмом, если есть источник азота в виде хотя бы одной из аминокислот или даже соли аммония. Избыток аминокислот сжигается организмом, а избыток азота выводится в виде мочевины. Однако белки, в отличие от жиров и углеводов, — слишком дорогое топливо. Белки для человека — самая дефицитная часть пищевого рациона, и особенно ценная и дефицитная составная их часть — группа незаменимых аминокислот.

При резкой белковой недостаточности развиваются специфические болезни, известные жителям Южной Америки, Индонезии, а также Южной Азии и Африки. Авторитеты считают, что более половины населения земного шара систематически голодает (получает в сутки менее 2200 ккал), и особенно выражен в пище дефицит белка. Бразильский социолог Ж. Кастро написал серию книг «География голода»; в них можно найти различные аспекты и подробности проблемы голода и недоедания. Принято считать, что мировой дефицит пищевого белка в год равен 15 млн. т. Менее освещена статистика нескомпенсированного питания, приводящего к другому кругу болезней, связанных с ожирением, но об этом будет сказано ниже.

Проблема белковой недостаточности в сущности сводится к нехватке незаменимых аминокислот, а именно некоторых из них. Дело в том, что содержание белка еще не определяет полноценности данного пищевого продукта в отношении аминокислот.

Таблица 2

Содержание белка в различных пищевых продуктах

Продукт	Белок, в %%	Продукт	Белок, в %%
Молоко коровье	3,5	Пшеничная мука	10,5
Молоко женское	1,4	Рис	7,6
Сыр «чеддер»	23,0	Горох сухой	23,8
Сыр плавленый	9,0	Соя	34,9
Говядина	17,0	Кукуруза	10,0
Свинина	15,2	Картофель	2,0
Баранина	15,7	Капуста	1,4
Куры вареные	20,6	Морковь	1,2
Треска	16,5	Дрожжи	45,0
Яйца	12,8	Пшеница зернистая	23,0

Из табл. 2 видно, что наибольшее содержание белка приходится на долю некоторых растительных веществ (горох, соя, дрожжи). Однако дело не только в суммарном содержании белка, но и в его аминокислотном со-

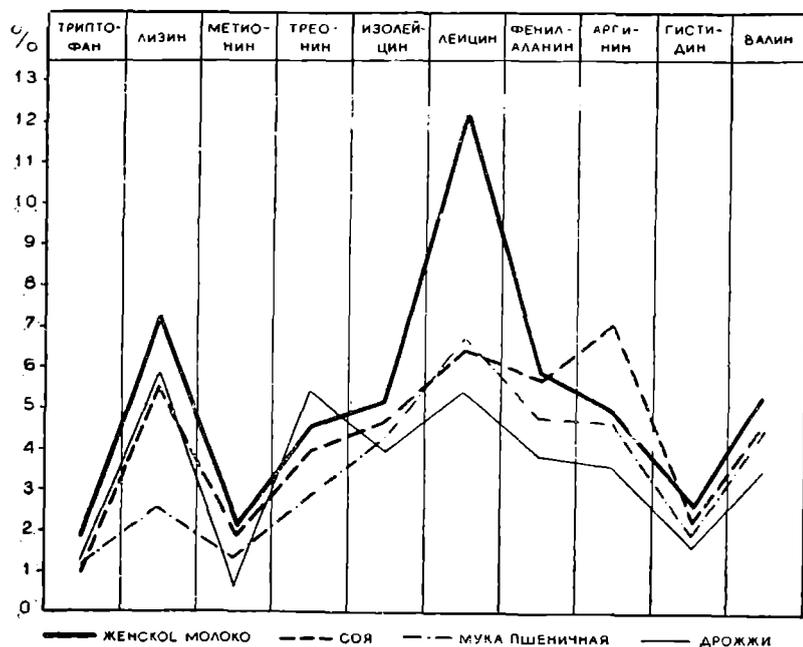
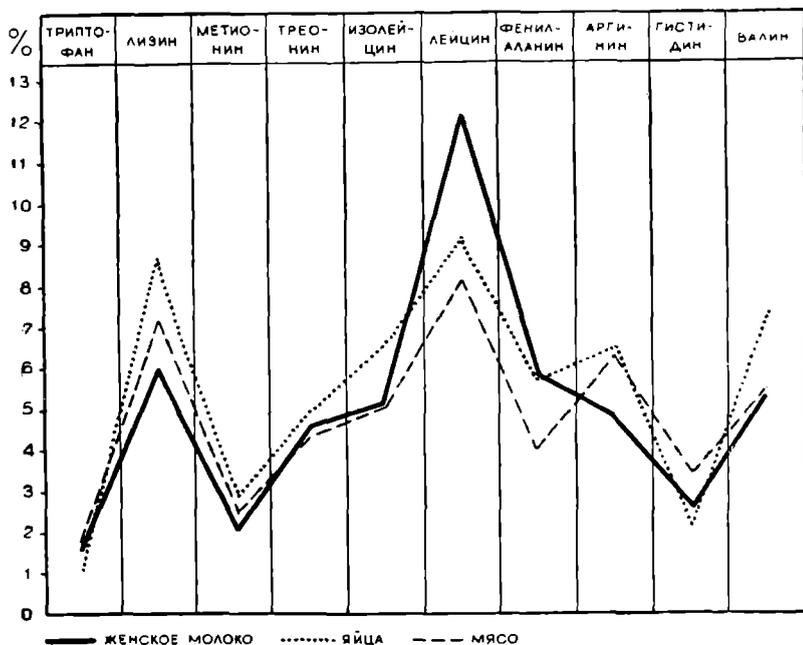
ставе. Идеальным аминокислотным составом обладает женское молоко (см. график). Ближе к нему коровье молоко, хотя и оно отклоняется от этого идеала. Животные белки — мясо, яйца довольно удовлетвори-

тельны. Растительные же белки содержат относительно меньше незаменимых аминокислот и в некоторых случаях наблюдается острый дефицит одной или нескольких из них. Например, пшеничная мука содержит всего треть оптимального количества лизина, в дрожжах не хватает 64% метионина и 55% лейцина, а в сое 45% лейцина.

Как видно из табл. 3, всего человеку в день необходимо получать около 80—100 г аминокислот в виде белка, в том числе до 30 г незаменимых. Остальные 50—70 г могут быть любыми из натуральных составных аминокислот белка. Заменяемые аминокислоты могут быть замещены в диете любой из них и даже солями аммония, например, его цитратом.

Возвращаясь к вопросу об относительной питательности белков, хотелось бы сделать и такой расчет: сколько человеку нужно съесть в сутки того или иного продукта, чтобы удовлетворить его потребность в определенной незаменимой аминокислоте. Так, например, максимальная суточная потребность человека в незаменимой аминокислоте — лизине 5 г. Это количество находится в 200 г белка белого хлеба и нужно съесть ~ 2500 г хлеба, чтобы покрыть потребность в лизине и в качестве принудительного ассортимента получить в виде крахмала и избытка других аминокислот 8600 ккал вместо требуемых 3000.

Ясно, что при такой «монокроматической» диете организм не только получает и вынужден зря сжигать избы-



Сравнение аминокислотного состава белка женского молока с животными, растительными белками и белково-витаминным концентратом (дрожжи)

Средняя суточная потребность взрослого человека в пищевых веществах (формула сбалансированного питания) по А. А. Покровскому

Пищевое вещество	Дневная потребность	Пищевое вещество	Дневная потребность	Пищевое вещество	Дневная потребность
Вода (в г)	1750—2200	<b>Углеводы (в г)</b>	400—500	Молтоблен	0,5
Белки (в г) в том числе животные	80—100 50	в том числе: крахмал	400—450	Селен	0,5
<b>Незаменимые аминокислоты (в г)</b>	21—31	Сахар	50—100	Фториды	0,5—1,0
Триптофан	1	Балластные вещества (клетчатка и пектин)	25	Подпиды	0,1—0,2
Лейцин	4—6	<b>Жиры (в г)</b>	80—100	<b>Витамины (в мг)</b>	
Изолейцин	3—4	в том числе растительные	20—25	С (аскорбиновая кислота)	70—100
Валин	4	<b>Полиненасыщенные жирные кислоты</b>	3—6	В <sub>1</sub> (тиамин)	1,5—2,0
Треонин	2—3	Холестерин	0,3—0,6	В <sub>2</sub> (рибофлавин)	2,0—2,5
Лизин	3—5	Фосфолипиды	5	РР (никотиновая кислота)	15—25
Метионин	2—4	<b>Минеральные вещества (в мг)</b>		В <sub>3</sub> (пантотенат)	5—10
Фенилаланин	2—4	Кальций	800—1000	А (различные формы)	1,5—2,5
<b>Заменимые аминокислоты (в г)</b>	49—51	Фосфор	1000—1500	В <sub>6</sub> (пиридоксин)	2—3
Гистидин	2	Натрий	4000—6000	В <sub>12</sub> (кобаламин)	0,005—0,08
Аргинин	6	Калий	2500—5000	Биотин	0,15—0,3
Цистин	2—3	Хлориды	5000—7000	Холин	500—1000
Тирозин	3—4	Магний	300—500	D (различные формы)	0,04
Аланин	3	Железо	15	P (рутин)	25
Серин	3	Цинк	10—15	В <sub>9</sub> (фолиевая кислота)	0,1—0,5
Глутаминовая кислота	16	Марганец	5—10	Е (различные формы)	2—6
Аспарагиновая кислота	6	Хром	2—2,5	K (различные формы)	2
Пролин	5	Медь	2	Липоевая кислота	0,5
Гликокол	3	Кобальт	0,1—0,2	Инозит (в г)	0,5—1,0
<b>Всего аминокислот (в г)</b>	70—82			<b>Общая калорийность (в ккал)</b>	3000

той всех прочих аминокислот, но и одновременно в случае растительной пищи перегружать себя углеводами, что ведет к превращению их в жиры, и, как следствие, к ожирению. Поэтому рационально подобранная по аминокислотному составу пища гораздо более здорова и целесообразна, не говоря уже о меньшей ее затрате.

Действительно, если в хлеб добавить лизин в пропорции, соответствующей требованиям организма, то уже 70 г белка хлеба (~1000 г хлеба) будет достаточно и тогда количество полученных ккал составит всего 3500. Именно из этих соображений за рубежом практикуется добавка лизина к хлебу часто в виде подмеси сухого молока, белки которого относительно богаты лизином. Еще лучше, конечно, добавка синтетического или микробiosинтетического лизина. Особенно много добавляют лизина в продукты питания детей. Большая часть растительных белков содержит недостаточное количество метионина, который теперь производится индустриально в больших количествах и деше-

во. Добавкой метионина можно выправлять ценность растительных белков сои, бобов, гороха, пшеницы и др.

Таким образом рациональная комбинация белков и добавка синтетических аминокислот для балансирования аминокислотного состава пищи — первые научно обоснованные мероприятия, которые следует осуществлять, которые уже осуществляются, но которые вряд ли можно отнести к проблемам или успехам в области синтетической пищи.

Говоря непосредственно о проблеме индустриального синтетического, а не биосинтетического получения пищи, следует прежде всего отметить, что синтез белковой части пищи не связан, как это могло бы казаться, со сложной проблемой синтеза белка. Это так потому, что в пищеварительном тракте белки пищи полностью гидролизуются до аминокислот и лишь в таком виде поступают в кровь. Таким образом, проблема синтетической белковой части пищи сводится к микробиологическому или химическому синтезу аминокислот. В этом

последнем случае непременно образуются рацематы аминокислот, поэтому для получения нужного L-изомера проводят разделение рацемата на антиподы. Выделяющийся при этом ненужный D-изомер превращают в рацемат и возвращают в процесс. При этом смесь аминокислот, по всей вероятности, лучше подавать в таком виде, чтобы в пищеварительном тракте каждая аминокислота усваивалась в темпе, соответствующем медленному темпу пищеварения.

Следует сказать, что существуют и используются в медицине диеты, представляющие собой водный раствор смеси аминокислот в качестве заменителя белкового комплекса, глюкозы, как единственного представителя углеводной группы, этилового эфира линолевой кислоты или другого представителя производных жирных кислот и необходимых витаминов и солей (диета Виница)<sup>1</sup>. Животные на такой диете живут неограниченно долго и даже в нескольких поколениях. Эта диета стерилизуется и употребляется для внутривенного питания больных, нормальное питание которых по тем или иным причинам неосуществимо. Такие диеты представляют собой как бы макет синтетической пищи и, отвлекаясь от чисто медицинского значения этих диет, их смысл для нас в том, что они доказывают возможность питания смесью синтетических веществ. Действительно, каждый из ингредиентов этой диеты может быть получен синтезом.

Многие компоненты такой пищи уже получают индустриально химическим или биологическим синтезом, другие же пока что готовятся и продаются только на правах дорогих реактивов. Расширение масштаба производства с изысканием рациональной технологии резко снизит цены, что можно видеть на примере метионина, который начал широко применяться в животноводстве. Он стал производиться чисто синтетически из пропилена через акролеин, и цены на него в США, например, упали до 3,2 доллара за 1 кг. В настоящее время синтетический DL-метионин по цене доступен даже для кормления кур, его мировое производство уже превзошло 70 тыс. т.

Широко развит выпуск лизина, который находит применение в животноводстве и используется в пище для выравнивания ами-

нокислотного состава зерновых продуктов и хлеба. Производство лизина в США и Японии в 1964 г. превысило 10 тыс. т (в основном он производится микробиологически).

Третья, хотя и заменяемая, но все же важная аминокислота — глутаминовая, также производится в больших количествах: суммарное производство ее в США и Японии достигло в 1964 г. более 60 тыс. т. Глутаминовая кислота в виде монопотриевой соли — не только питательное, но и важное вкусовое вещество. Она широко употребляется в виде приправы в пищу.

Цены на эти три важнейшие аминокислоты, полученные при относительно крупномасштабном производстве, составляют в Японии, в пересчете на наш курс, в среднем 5 руб/кг. Представим себе теперь, что все аминокислоты производятся индустриальным путем и их цена доведена до этой средней. Тогда 80 г аминокислот, исчерпывающих потребность организма в белке, будет стоить 40 коп. Однако это не предел, есть возможность еще более удешевить продукт рационализацией путей синтеза и расширением масштаба производства.

Не имея возможности говорить здесь о чисто технологических путях синтеза всех незаменимых аминокислот, можно отметить, что они разрабатываются и освещаются в литературе. Исходным сырьем, например, может служить метан, превращенный в нитрометан и нитроуксусную кислоту и далее в ряд аминокислот; могут быть использованы обычные олефины. Наконец, в ряде случаев старый метод Штреккера-Зелинского на основе альдегидов может оказаться достаточно дешев.

Особенно привлекателен синтез восстановительным аминированием  $\alpha$ -кетокислот — это тот путь, которым аминокислоты образуются в организме. В этом случае последняя фаза синтеза — восстановительное аминирование — могла бы проводиться микроорганизмами, что дало бы огромную выгоду, так как сразу получился бы нужный стереоизомер аминокислоты (пищевыми являются только L-изомеры) и отпала бы трудоемкая стадия разделения синтетической рацемической аминокислоты на антиподы. Кроме того, поскольку организм животных и человека также все время аминирует кетокислоты и переаминирует аминокислоты, доказано, что если не все, то часть аминокислот могла бы быть заменена в диете кетокислотами, а

<sup>1</sup> «Chem. Eng. News», april 18, 1960, v. 38, № 16—17, p. 61.

азот для их аминирования мог бы быть дан в виде цитрата аммония или в виде глутамата натрия. Это еще крайне упростило бы задачу.

Конечно, индустриальный синтез аминокислот и кетокислот ставит химику-синтетику и технологу много еще нерешенных задач. Но еще больше задач возникает перед биологами и врачами, задач, связанных с физиологией пищеварения. Известно лишь главное, но множество деталей, от которых будут зависеть форма и темп подачи новых питательных смесей, предстоит разработать.

Второй — микробиологический путь синтеза аминокислот более простой, так как он сразу дает нужный стереоизомер. Им, как сказано, уже получают индустриально лизин и глутамат натрия. Для некоторых других аминокислот также известны виды микроорганизмов — продуцентов. Для остальных их предстоит найти. Во всех случаях должна быть проведена селекция мутантов, как это сделано для микроорганизмов — продуцентов антибиотиков и витаминов. Вероятно, во многих случаях в ближайшем будущем удастся создать единую или близкую технологию для всех аминокислот и получение сразу нужного стереоизомера. Однако продуценты аминокислот выращиваются обычно на сахаристом, хотя бы и отходом сельскохозяйственного сырья или гидролизатах древесины (конечно, с добавкой солей аммония, фосфорной кислоты и микроэлементов) и поэтому здесь речь не идет еще о чистом синтезе.

Таким образом, мы уже имеем, или после некоторой научной и технологической проработки (сколько угодно короткой, если бросить на нее достаточные силы) будем иметь способы получения всех аминокислот, необходимых для составления пищевых рационов, и по цене, более дешевой, чем естественные белки. Потребуется, правда, очень тщательная, но во всех отношениях интересная, биолого-медицинская отработка таких рационов, не говоря уже о чисто «кулинарной».

Попутно вкратце остановимся на двух других «всесомых» группах пищевых веществ — жирах и углеводах. Синтез предельных жиров — наиболее легкая задача. В Германии, во время войны, был разработан синтез смеси четных и нечетных жирных кислот окислением фракций нормальных углеводородов, полученных по Фишеру-Троп-

шу из окиси углерода, и было изготовлено на этой основе и потреблено несколько сот тонн синтетического сливочного масла. Глицерин получался из пропилена и этерифицировался смесью этих кислот. По отзывам очевидцев, масло было вкусное. То, что оно отличалось присутствием нечетных кислот, было, по опытам, безвредно — эти кислоты усваивались. Но присутствовала также малая примесь разветвленных структур, и за ее безвредность нельзя ручаться. Во всяком случае, после войны производство синтетического масла прекратилось. Вероятно, можно разработать на основе теломеризации этилена с водой, хлороводородом или ацетальдегидом, либо с другими подобными молекулами синтез четных спиртов, альдегидов или галоидопроизводных и окислять их в смесь четных нормальных кислот. Остальное не представит затруднений. Однако этот вопрос не столь актуален, пока многие сотни тысяч тонн (в масштабе СССР) сельскохозяйственных жиров идут на технические нужды. Сначала нужно заменить пищевые жиры в их техническом применении, для чего теперь имеются разработанные пути.

Впрочем, кроме химического возможен микробиологический синтез жиров, вероятно, не только технического, но и пищевого назначения. По исследованию Л. Д. Бергельсона, жир дрожжей, выращенных на парафиновых углеводородах, близок к кокосовому маслу. Конечно, необходимо тщательно изучить его пищевые свойства. В случае синтетического варианта решения, т. е. производства предельного пищевого жира, в диету пришлось бы добавлять небольшие количества смеси линолевой, линолепной или (меньше) арахидоновой кислоты; эта смесь имеет значение витамина. Суточная потребность в ней ~ 3—6 г. Вряд ли стоило бы в обозримом будущем осуществлять для этой цели синтез Бергельсона. Вероятно, проще было бы взять природное растительное масло.

Наиболее труден вопрос, связанный с синтезом углеводов. Причем основная трудность заключается не в наличии в съедобных моносахаридах пяти асимметрических углеродных атомов, что на первый взгляд создает непреодолимое препятствие, поскольку проблема направленного асимметрического синтеза не решена. Наибольшая трудность — в крайней дешевизне пищевых углеводов: сахара, крахмала и др. В отличие

от белков, проблема дефицитности которых, как говорилось, стоит остро, углеводов достаточно. Поэтому, если и представляет интерес разобраться этот вопрос, то только теоретически.

С совершенствованием методов, возрастающей компактностью и малой трудоемкостью химических производств в неизвестное нам сейчас время выгодность синтеза, надо полагать, не превзойдет затрат земледельческого производства углеводов. Каким путем — неизвестно. Быть может, это будет Бутлеровская, но стереонаправленная конденсация формалина. Вероятнее же предположить альдольную конденсацию *d*-глицеринового альдегида с диоксиацетоном, которая по Х. О. Л. Фишеру дает 35%-ный выход фруктозы. В этом случае пришлось бы разработать стереонаправленную асимметрическую конденсацию асимметрическим альдолизующим агентом, например, одним из антиподов алкоколятов оптически активного спирта, которая бы прямо давала наиболее сладкий сахар — фруктозу.

Превращение фруктозы в глюкозу и обратно, как известно, каталитически осуществимые процессы. Однако вряд ли можно питаться моносахаридами в качестве углеводов. Совершенно нерешенная, но очевидно разрешимая задача: полимеризация глюкозы в крахмал и фруктозы — в инулин.

Все же, главная задача состоит в белковом ингредиенте пищи.

Есть еще одна возможность индустриально-го получения белка, а именно — микробиологический путь, не зависящий от сельского хозяйства. Все микроорганизмы, как известно, имеют белковую плазму, и многие из них практически можно потреблять в пищу. Кормовые дрожжи, выращиваемые на сахаристых отходах сельского хозяйства или гидролизных моносахаридах, — общеизвестны. Есть, однако, многие виды микроорганизмов, развивающихся на углеводородах и берущих углерод из последних; существуют и микробы — пожиратели метана, парафинов и т. д. Французский ученый Альфред Шампанья предложил выращивать кормовые дрожжи на фракциях нефти и использовать полученные этим путем белки для пищи человека.

В настоящее время в Лавера под Марселем изготавливают ежедневно около тонны белкового концентрата дрожжей. Весь мировой дефицит белка, измеряемый 15 млн. т, по расчету французов был бы покрыт использованием всего 1% мировой добычи парафи-

нистой нефти. Из тонны парафиновых углеводородов, при этом, получается от 800 до 1000 кг дрожжей с 40—50%-ным содержанием белка. Единственный недостаток такого белка — малое содержание метионина.

По данным Шампанья, при достаточно развитом производстве стоимость этих дрожжей, иначе белково-витаминого концентрата (БВК), как называют этот продукт, составит на наши деньги 100—150 руб. за тонну. Нормальное применение БВК в виде корма или пищи требует либо предварительного обогащения его метионином, либо использования одновременно с богатым этой аминокислотой материалом. Наши микробиологи уже нашли развивающиеся на углеводородах нефти богатые метионином микобактерии. Наиболее перспективными для питания людей в настоящее время можно считать продукты автолиза или ферментализации белков БВК. Эти продукты обладают приятным вкусом и представляют собой смесь пептидов различной длины и свободных аминокислот.

Возникает вопрос, почему речь идет о пище в большей степени, чем о корме? Ведь целый ряд вопросов, например, вопрос о вкусе и консистенции пищи, которые нам еще предстоит разобрать, отпадает, если синтетические или микробные аминокислоты и белки давать как корм или добавку к нему и затем использовать продукты животноводства. Ответ простой: коэффициент полезного действия кормов составляет от 1/5 до 1/10 и даже до 1/15, иначе говоря, до 90% и более корма идет на физиологические нужды животного и лишь малая часть возвращается в виде продуктов животноводства. Более наглядны следующие цифры: если для полного удовлетворения 250 млн. человек требуется 6 млн. т белка ежегодно, то для удовлетворения этой же потребности через продукты животноводства потребуется уже ~100 млн. т безводного белка в год.

На второй возможный вопрос — не предлагают ли химики кормить нас пилюлями? — следует успокоительный ответ: ежедневную порцию безводных 100 г белка, 450 г углеводов, 100 г жира не упакуешь в пилюли. Вопрос заключается в том, можно ли все это превратить в пищу не менее, а более вкусную и разнообразную, чем обычная, которую можно было бы с аппетитом пожевать и съесть, и которая не была бы грустной диетой Виница, растворенной в воде?

Возникает очередной вопрос о вкусе,

запахе и консистенции синтетической пищи.

Почти все естественные сырые белки пищи безвкусны и не имеют запаха. Например, отмытое до бесцветности сырое мясо, казеин (отмытый творог) — безвкусны и не пахнут. Иначе и быть не может — это высокомолекулярные, следовательно, нелетучие и непахучие вещества. То же можно сказать о высокомолекулярных углеводах, подобных крахмалу, и о жирах. Запах и вкус сообщают всем пищевым веществам естественные примеси или добавки и, особенно, вещества, возникающие при варке, жарении, печении пищевого сырья за счет взаимодействия белковых аминокислот с сахарами и жирами.

Известно, что любой вкус составляется из четырех ингредиентов — сладкого, соленого, кислого и горького. Только для этих вкусов имеются в языке человека рецепторы. Таким образом, если говорить о восприятии вкуса с зажатым носом, что исключает восприятие запахов, то любой вкус можно точно подобрать, какая из четырех бюреток, например, раствор сахара, соли, кислоты, и, скажем, горького кофеина. Гораздо сложнее вопрос о запахе, который, ассоциируясь со вкусом, в сумме составляет то, что по-английски называется flavour и что обуславливает всю привлекательность пищи. Этот flavour в обычной пище достигается как процессами нагревания, так и добавками специй как местных — лук, чеснок, петрушка, сельдерей, так и тропических — перец, имбирь, корица, гвоздика и т. п.

Гастрономия во времена средневековья была довольно бедной и, кроме золота, побудительной причиной заморских путешествий, приведших к открытию Америки и Океании и новых морских путей, была именно погоня за колониальными товарами — специями и сахаром, поднявшими гастрономии на новый уровень. Действующие начала этих специй известны и очень просты. Нагревание пищи, варка, жарение, печение приводят к образованию аппетитно пахнущей смеси веществ и этот процесс легко воспро-

извести, нагревая каждый раз разные аминокислоты или их смеси с разными сахарами. Результаты этой, так называемой, реакции Майара воспроизведены в табл. 4, из которой видно, что мясные запахи обуславливаются участием в их образовании серусодержащих аминокислот.

В Институте элементоорганических соединений АН СССР было найдено, что если в нагреваемую смесь аминокислот и соответствующего сахара добавить одну из жирных кислот, запах продуктов такой реакции меняется — становится более специфичным. Таким путем можно получить запахи очень близкие, например, к запаху вареной куропцы или тушеной говядины. Эти вещества сейчас исследуются. Добавка следов окиси триметиламина придает запахам оттенок морской рыбы; добавка δ-аминовалерианового альдегида имитирует запах пресноводной вареной рыбы. Нет сомнения, что создание запаха синтетических пищевых продуктов — дело второстепенной трудности.

Есть правда задача и другого порядка — обезвкусить аминокислоты, из которых некоторые сладки, иные горьковаты. Этого можно легко достигнуть, ацилируя такие аминокислоты жирными кислотами или превращая их в перевариваемые полимеры, что дает безвкусный нерастворимый продукт.

Наконец, еще одна проблема — консистенция пищи. Смесь нерастворимых в воде

Таблица 4

Ароматические композиции, полученные по реакции Майара (приведены исходные компоненты)

Запах хлеба	Запах сдобы	Запах куриного бульона	Запах жареной рыбы	Запах какао
Аргинин Ксилроза Дрожжи или автолизат	Лейцин Глюкоза Сахароза + 2,5% ванилина	Цистеин α-Аланин Глутаминовая кислота	Цистеин α-Аланин Глутаминовая кислота	Аргинин Рамноза Сахароза + 2,5% ванилина Метиламилкетон
Вода	Олепшовая кислота	Глицин	Глицин	Дрожжи или автолизат
	Метиламилкетон Диацетил Дрожжи или автолизат	Глюкоза	Глюкоза	Вода
	Вода	Арабиноза	Арабиноза	
		Метиловый эфир арахиновой кислоты	Этиловый эфир линоленовой кислоты N-окись триметиламина	
		Вода	Вода	

порошков, чисто синтетических или дрожжевых, содержащих вкусовые «выравнивающие» добавки, может перерабатываться, как мука, в различные изделия, но в отличие от муки эти порошки будут иметь полноценный белковый состав. Шампанья приготавливает из нефтяных дрожжей прекрасное белковое печенье. Любое вещество, образующее студни и приемлемое для пищевого тракта, — водорослевый агар-агар, крахмал, чисто синтетический поливиниловый спирт и многое другое, позволяет превращать отдушенные пищевые порошки в изделия типа паштетов, пудингов, студней, желе, киселей и т. п.

Оказалось даже возможным формировать икринки, волоконца мяса и т. д. Все это — просто осуществимые операции. В качестве примера можно сказать, что в том же Институте элементоорганических соединений научились подобным образом готовить черную икру, вряд ли отличимую по вкусовым ощущениям от натуральной. Остальные названные формы, кроме, разве, волоконцев мяса, гораздо проще для разработки. Кстати, при том же белковом составе, что и мясо, синтетические паштеты, желе, пудинги, икра могут иметь любой желаемый вкус: жареного мяса или птицы, рыбы, фруктов.

Не только смесям синтетических аминокислот, но и дрожжевому белку можно придать консистенцию, вкус и запах пищи животного происхождения. Это же можно сделать и с растительными белками, например, бобовых растений. Такое полусинтетическое мясо в индустриальном масштабе уже производится в США.

Какова возможная стоимость синтетической пищи? Соображения на этот счет могут быть очень ориентировочны. В работе директора Института питания Академии медицинских наук СССР проф. А. А. Покровского<sup>1</sup> приводятся цены белка в составе различных животных продуктов. Мы уже приводили цены аминокислот, производимых индустриально; они находятся на уровне самого дешевого животного белка, а именно 5 руб. за 1 кг. При массовом производстве цена аминокислот может быть еще ниже и, кроме того, две трети их потребности можно заменить более дешевыми — кетокислотами и солями аммония. Таким образом, названная ранее цена 40 коп. дневного белкового рациона из синтетических индустриаль-

но производимых аминокислот может быть значительно снижена.

Еще дешевле обойдется белковый рацион из микроорганизмов, выращенных на парафинах нефти. По данным Шампанья цена такого белка в перспективе составит 200—300 руб. за тонну, т. е. в пересчете на дневной рацион человека 2—3 коп., что уже значительно дешевле не только любого животного, но и любого растительного сельскохозяйственного белка (без стоимости переработки, отдушки и т. п., которую сейчас определить невозможно).

Поскольку пищевой жир можно производить посредством тех же дрожжей на нефтяном сырье, стоимость его должна быть той же, что и белка, или несколько выше, так как выход жира немногим ниже, чем выход белка.

Что касается углеводов, то ориентировочная стоимость их в несельскохозяйственном производстве может быть рассчитана по аналогии со стоимостью глюкозы, получаемой гидролизом древесины. Как показывают подсчеты, себестоимость 1 т глюкозы составляет 200—225 руб. В этом процессе из 1 т абсолютно сухой древесины получают (по уточненным данным) 260 кг пищевой глюкозы, а на остальных монозах выращивают дрожжи, выход которых составляет 175 кг, что соответствует 70 кг белка.

Ясно, что индустриально химически или биохимически изготовленные продукты питания будут лишь постепенно входить в жизнь, начиная с аминокислотно-белкового комплекса, сначала облагораживая естественную пищу и восполняя недостаток незаменимых аминокислот, а затем приобретая самостоятельное значение как дополнительный ресурс белков. Очевидно, недалеко то время, когда сельскохозяйственные жиры будут вытеснены синтетическими из сферы технического применения, а далее начнется и их вытеснение из пищи человека.

Представим себе вслед за Бергто то время, когда экономика синтеза пищи воспреобладает над старинными традиционными способами ее получения.

Несколько огромных заводов, расположенных в разных местностях страны, богатых углем или нефтью, вырабатывают всю потребную населению пищу. Занимают они в сумме площадь в несколько сотен квадратных километров. Столь трудоемкое и малоспособное к прогрессу сельское хозяйство отошло в прошлое, за исключением, разве,

<sup>1</sup> См. «Вопросы питания», 1964, № 1, стр. 4.

плодоводства и цветоводства. Отошла в прошлое и индустрия, снабжающая сельское хозяйство машинами, горючим, удобрениями, средствами борьбы с полевыми вредителями.

Освободилось для более производительной работы 34% населения, ныне работающего в сельском хозяйстве. К этому надо прибавить освобождение рабочих, занятых производством сельскохозяйственных машин, тракторов, ядохимикатов и удобрений, так как синтез пищи требует лишь части продукции последних. Старая пищевая промышленность заменилась новой, несравненно более компактной.

Нет больше неурожайных лет и неурожайных местностей. Нет больше огромных потерь пищи за счет капризов погоды, стихийных бедствий, вредителей, порчи, гнили, мороза, «потребляющих» сегодня большую долю урожая. Отмерли профессии, связанные с кустарным приготовлением пищи — поваров и кухарок, значительной части официантов, раскрепощение домашних хозяек стало реальным, так как пища готовая, упакованная подобно консервам, но в отличие от них, сполна витаминизированная и полноценная, требует, самое большее, подогревания.

Идеальным становится гигиенический аспект питания. Стандартная по составу — белки, углеводы, жиры, витамины, приспособленная к возрасту пища лучше обеспечивает нормальные функции организма, чем любая естественная. Нет больше толстяков, ожирения сердца и печени и других подобных болезненных явлений. В случае же от-

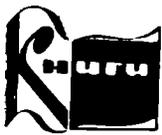
клонения организма данного человека от нормы можно подобрать специально выписанные для больных диетические рационы с повышенным или, наоборот, пониженным содержанием тех или иных ингредиентов. Так, известно, что примерно один ребенок на 25.000 рождается с неработающей ферментной системой фенилаланингидроксилазы. Это ведет к тому, что у такого ребенка развивается слабоумие вследствие отравления получаемой из фенилаланина пищи фенилпировиноградной кислотой, тогда как нормально фенилаланин должен был бы превратиться в тирозин. Устранение из диеты фенилаланина и замена его тирозином дает возможность ребенку развиваться нормально.

Постепенно уменьшается площадь пахотной земли и взамен расширяются леса и парки. Прекращается высыхание и обмеление рек и, наряду с избытком пищи, непосредственно питающей человека, решается остро встающий на земном шаре вопрос о недостатке пресной воды.

Коммунистическое общество выигрывает не только экономически и социально, но и морально, — оно ликвидирует убой животных.

Все это только постановка проблемы огромного значения, развивающая мысли Берто и Менделеева. Нужно затратить большие и дружные усилия химиков, биологов, врачей, экономистов для того, чтобы наилучшим образом ее разработать и решить. Эта проблема — пока всего лишь посадка дерева, крона которого уходит высоко в будущее, но корни заложены в почве настоящего и ждут самого заботливого ухода.

УДК 54.114; 641.53



Т. Г. Ильина

#### ЧЕТЫРЕХЛУЧЕВЫЕ КОРАЛЛЫ ПОЗДНЕЙ ПЕРМИ И РАННЕГО ТРИАСА ЗАКАВКАЗЬЯ

Изд-во «Наука», 1965. 104 стр., ц. 81 коп.

Армянская ССР и Нахичеванская АССР — единственные в мире районы, где известна фауна из непрерывной серии морских отложений поздней перми

и раннего триаса. В тех немногих пунктах земного шара, где есть пограничные слои перми и триаса, фауна изучена слабо. Автор собрала значительный фактический материал по четырехлучевым кораллам этого промежуточного времени в Закавказье, подвергла его тщательному исследованию, разобрала особенности строения скелетов кораллов и особенно микроструктуры у четырехлучевых кораллов. В результате исследовательница приходит к важному выводу: четырехлучевые кораллы не вымерли полностью в конце палео-

зоя, их более примитивные формы перешли из верхней перми в нижний триас и, постепенно замещаясь, приобрели признаки, сходные с мезозойскими кораллами. Анализ полученных данных позволяет говорить о тесной родственной связи между четырех- и шестилучевыми кораллами. А это имеет большое теоретическое значение. Работа Т. Г. Ильиной вносит много нового в наши представления о кораллах, по-новому раскрывает один из наиболее интересных этапов их развития на рубеже палеозоя и мезозоя.

# НЕЙТРИНО

Л. А. Микаэлян

Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова АН СССР (Москва)

## ПРЕДЫСТОРИЯ ЗАГАДОЧНОЙ ЧАСТИЦЫ

Все началось с парадоксальной ситуации, сложившейся к началу тридцатых годов при изучении  $\beta$ -распада атомных ядер.

Сущность  $\beta$ -распада ядра состоит, как известно, в том, что один из его нейтронов превращается в протон и при этом возникает отрицательно заряженный электрон, покидающий пределы ядра. Возможно также превращение протона, входящего в состав

ядра, в нейтрон. При этом испускается позитрон. Очевидно, что при электронном распаде заряд ядра увеличивается на одну единицу, а при позитронном — уменьшается: соседние элементы превращаются друг в друга. Свободный, не входящий в состав ядра, нейтрон радиоактивен. Что касается свободного протона, то он вполне устойчив: его масса меньше массы нейтрона и самопроизвольное превращение невозможно.

Разность полных энергий распадающегося и дочернего ядер составляет энергию, высвобождающуюся при бета-распаде. Для каждой пары соседних элементов эта величина имеет вполне определенное, характерное для этой пары, значение. Например, для случая превращения нейтрона в протон ( $n \rightarrow p + e^-$ ) она составляет 1,3 Мэв (около 0,15% от энергии покоя протона и в 2,6 раза больше собственной энергии электрона).

Парадокс заключался в том, что кинетическая энергия возникающих электронов не одна и та же. Оказалось, что она может принимать любые значения — от нуля до некоторой вполне определенной для каждой пары превращающихся ядер максимальной энергии. При бета-распаде нейтрона, например, максимальная энергия составляет приблизительно 0,8 Мэв, но большинство электронов обладает значительно меньшей энергией (рис. 1). Чаще всего возникают электроны, энергия которых  $0,3 \div 0,4$  Мэв.

Чем же отличается один акт распада от другого, куда девается энергия или откуда она черпается и сохраняется ли она вообще в этом процессе? Вот вопросы, которые обсуждались в этой связи в конце двадцатых и начале тридцатых годов.

Вскоре обнаружилось, что при бета-распаде, по-видимому, нарушается еще один закон природы. Этот закон гласит, что у любой изолированной, не подверженной внешним воздействиям системы должен оставаться неизменным момент количества

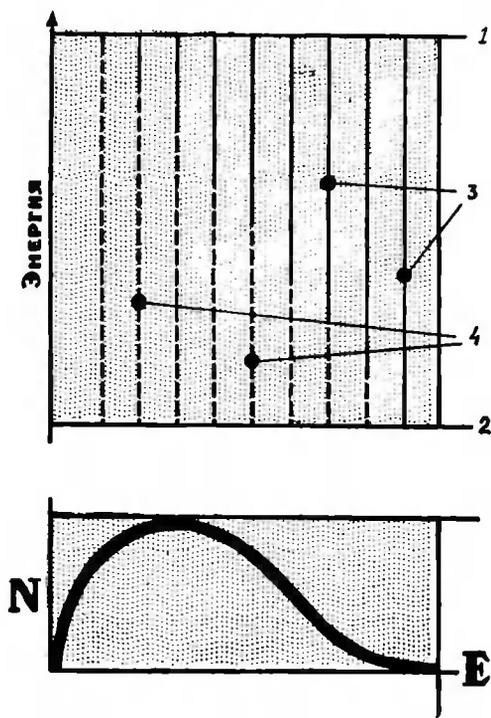


Рис. 1. Энергетическая схема  $\beta$ -распада. Энергия испущенных электронов меньше разницы энергий начального и конечного ядер. Пунктир — «исчезающая» энергия. E — энергия электронов, N — их число. 1 — энергетический уровень материнского ядра; 2 — дочернего ядра; 3 — энергия испущенных электронов; 4 — «исчезающая энергия»

движения, независимо от того, какие внутренние изменения она претерпевает.

Многие элементарные частицы обладают, как говорят, внутренним, или собственным механическим моментом (спином), никак не связанным с перемещением в пространстве их центра инерции. Достоверно известно, что частицы нельзя буквально отождествить с вращающимися волчками, но лучшего сравнения для пояснения этого свойства у нас нет. Собственные моменты в макроскопическом масштабе, конечно, весьма малы. Их принято измерять в единицах постоянной Планка ( $\hbar \approx 10^{-27}$  единиц CGS). Момент фотона, например, равен 1, электрона, протона, нейтрона,  $\mu$ -мезона  $-\frac{1}{2}$ , а  $\pi$ -мезоны не имеют спина, момент этих частиц равен нулю. Очень существенно, что момент количества движения всегда в точности кратен  $\frac{1}{2}$ , так что не существует, например, частиц со спином 0,3 или 0,9.

Реакция бета-распада нейтрона в том виде, как она была записана выше, находится в явном противоречии и с законом сохранения момента. Действительно, складывая или вычитая полудельные спины протона и электрона, мы можем получить 0 или 1 и никогда не получим  $\frac{1}{2}$  — спин нейтрона (рис. 2).

Выход из тупика придумал Вольфганг Паули. Он предположил, что наряду с электроном при  $\beta$ -распаде вылетает еще и нейтральная частица, которая ускользает от наблюдения. От акта к акту ее энергия меняется, так же как и энергия электрона. Постоянна лишь их сумма. Когда энергия электрона мала, то почти всю энергию уносит гипотетическая частица и наоборот — энергичный электрон сопровождается частицей, обладающей малой энергией. Энрико Ферми предложил назвать ее нейтрино. Обозначают ее греческим значком  $\nu$ .

Теперь реакцию бета-распада следует записать так  $n \rightarrow p + e^- + \nu$ . (1)

Если мы припишем нейтрино спин, равный  $\frac{1}{2}$ , то исчезнут противоречия и с законом сохранения момента количества движения.

Какова масса нейтрино? Оказывается, на этот вопрос можно ответить, не наблюдая

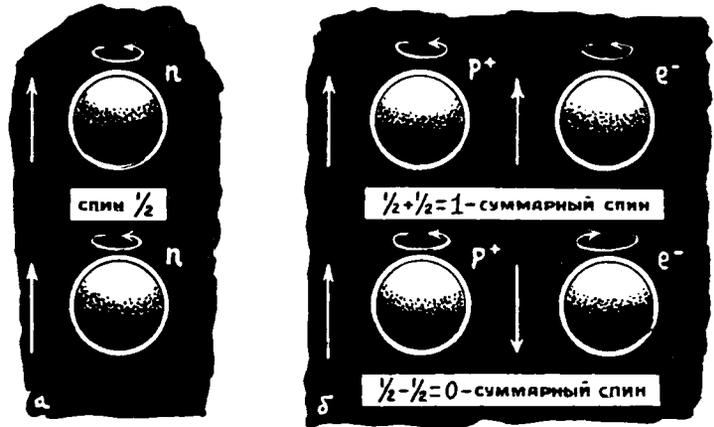


Рис. 2. «Несохранение» момента количества движения при  $\beta$ -распаде: система до распада (а), после распада (б). Суммирование полудельных спинов протона и электрона дает 0 или 1, но не  $\frac{1}{2}$ . В обоих случаях спин начальной и конечной системы отличается на  $\frac{1}{2}$

самой частицы. Когда энергия тела достаточно велика, оно движется практически с постоянной скоростью, близкой к скорости света. С изменением кинетической энергии скорость заметно меняется, только если сама эта энергия сравнима или меньше энергии покоя, равной  $mc^2$ . Это известные следствия теории относительности. Поэтому, чтобы ощутить массу нейтрино, необходимо получить нейтрино малых энергий. Но как раз это можно сделать: наблюдая электроны большой энергии, мы тем самым отбираем случаи распада, в которых энергия нейтрино мала. Измеряя число электронов с той или иной энергией вблизи верхней границы, можно найти массу нейтрино. Чем меньше масса нейтрино, тем ближе к верхней границе лежит интересующая нас область. Такие опыты чрезвычайно трудны, так как с приближением к верхней границе вероятность распада быстро стремится к нулю. То есть нужных нам электронов очень мало. Несмотря на то, что подобные опыты проводились неоднократно, все попытки обнаружить массу нейтрино оказались до сих пор тщетными. Удалось установить только, что если у нейтрино и есть масса покоя, то она очень мала — не больше, чем одна двухтысячная доля массы электрона. Часто говорят, что у нейтрино, так же как и у фотона, ее вовсе нет. Если это верно, то нейтрино не может покоиться и движется всегда со скоростью света.

Есть ли у нейтрино магнитные свойства?

Известно, что ими обладают почти все элементарные частицы, имеющие спин, не равный нулю. Для заряженных частиц это легко представить: «вращающийся» вокруг своей оси заряд создает круговые токи, порождающие магнитное поле. Во всяком случае эти частицы подобны не только волчкам, но одновременно и магнетикам, ось которых совпадает с осью «вращения» — направлением спина.

Замечательно, что некоторые электрически незаряженные частицы также магнитны, примером чему может служить нейтрон, магнитный (дипольный) момент которого немалого отличается от магнитного момента заряженного протона. Что касается нейтрино, то, как показали эксперименты, оно по обладает также и сколько-нибудь заметными магнитными свойствами.

Но существует ли вообще эта «вращающаяся» частица, не имеющая ни заряд, ни, по-видимому, массы и магнитного момента, несущаяся в пространстве со скоростью света?

Начиная с середины тридцатых годов было поставлено немало опытов, общая идея которых принадлежит Паули. Если нейтрино действительно существует, то, унося энергию из распадающейся системы, оно

должно уносить и некоторый импульс (количество движения), т. е. в системе должно наблюдаться явление отдачи. В экспериментах как раз и искали эту отдачу. Одним из пионеров таких исследований был советский ученый А. Лейпунский. В наиболее простой с принципиальной точки зрения форме опыт выглядел так. Существует разновидность  $\beta$ -распада, именуемая электронным захватом: ядро захватывает один из орбитальных электронов атомной оболочки, заряд его уменьшается на одну единицу и при этом должно возникать нейтрино, уносящее энергию (рис. 3б). Количество движения первоначально покоящегося ядра по величине равно импульсу вылетавшего нейтрино. Из-за большой массы ядра энергия отдачи относительно невелика, но все-таки достаточна, чтобы вырвать его из поверхностного слоя источника.

Опыты такого типа оправдали возлагавшиеся на них надежды. Действительно, отдачу удалось наблюдать, что давало уникальную возможность узнать направление полета нейтрино. Но у этих, так же как у всех упомянутых раньше экспериментов, был один общий изъян. Нейтрино оставалось за пределами наблюдений, и все заключения следовало оговаривать: «если оно су-

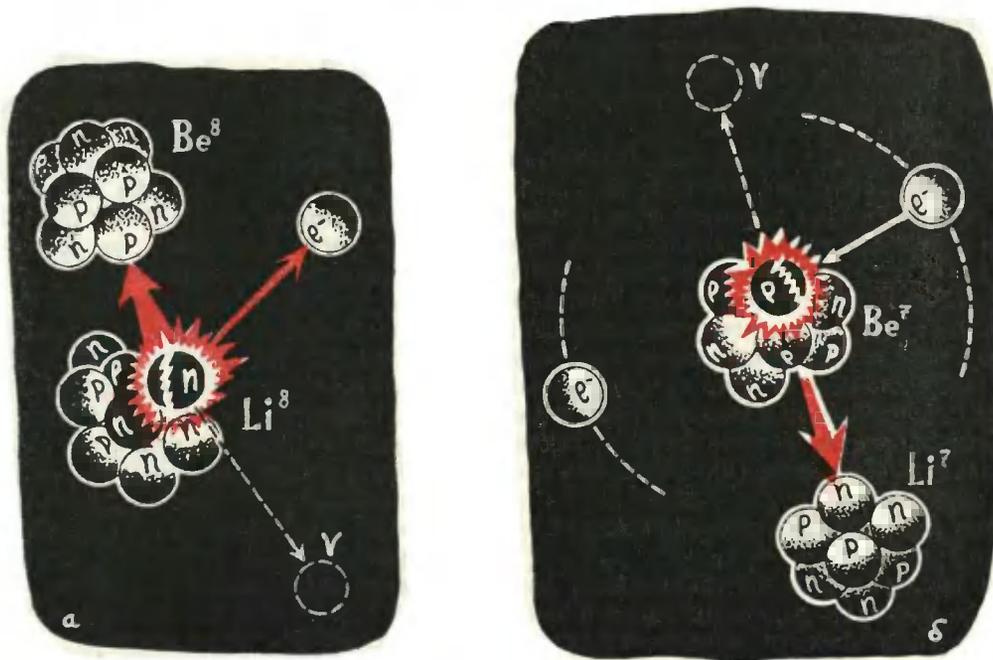


Рис. 3. Схемы  $\beta$ -распада  $Li^8$  (а) и захвата атомного электрона  $Be^7$  (б). При  $\beta$ -распаде  $Li^8$  один из нейтронов превращается в протон и образуется  $Be^8$ ;  $e^-$  и  $\gamma$  покидают ядро

ществует». Ведь ничто не мешало трактовать результаты и так, что в процессе бета-распада нарушаются законы сохранения энергии, и момента, и количества движения. Нейтрино оставалось символом веры в законы сохранения.

### ОТКРЫТИЕ НЕЙТРИНО

Многочисленные неудачные попытки обнаружить нейтрино показали, что оно очень слабо взаимодействует с веществом. Чтобы спроектировать эксперимент, необходимо было приблизительно знать, какой же все-таки должна быть эта вероятность и какие процессы следует искать.

Почти само собой разумеется, что, рождаясь при бета-распаде, нейтрино должно вызывать и обратные процессы. Например, из того факта, что нейтрон распадается на протон, электрон и нейтрино, следует, что должен существовать и такой процесс:



т. е. при столкновении нейтрино с протоном должны возникнуть нейтрон и позитрон. Более того, измерив вероятность прямой реакции, можно предсказать вероятность об-

ратной. Какова вероятность реакции (2)?

Оказывается, нейтрино должно обладать колоссальной проникающей способностью. Расчет говорит, что, проходя через богатую протонами воду, нейтрино вызывает в среднем одну реакцию на пути около  $10^{15}$  км, т. е. длина свободного пробега нейтрино в воде исчисляется сотнями и тысячами световых лет.

Американские физики Ф. Райнес и К. Коуэн взяли за, казалось бы, невыполнимую задачу. Ими было проделано несколько экспериментов. Идея одного из них выглядит упрощенно, так:

конечные продукты реакции (2) — это нейтрон и позитрон. Почти мгновенно (приблизительно за  $10^{-10}$  сек.) позитрон, встретившись с одним из электронов вещества, аннигилирует. При этом возникает два гамма-кванта равной энергии, разлетающихся в разные стороны. Что будет с нейтроном? Нейтрон проблуждает относительно долго (около 10 миллионных долей секунды) и будет поглощен каким-либо ядром. При этом из ядра практически одновременно вылетит 3—4  $\gamma$ -кванта. Получается очень характер-

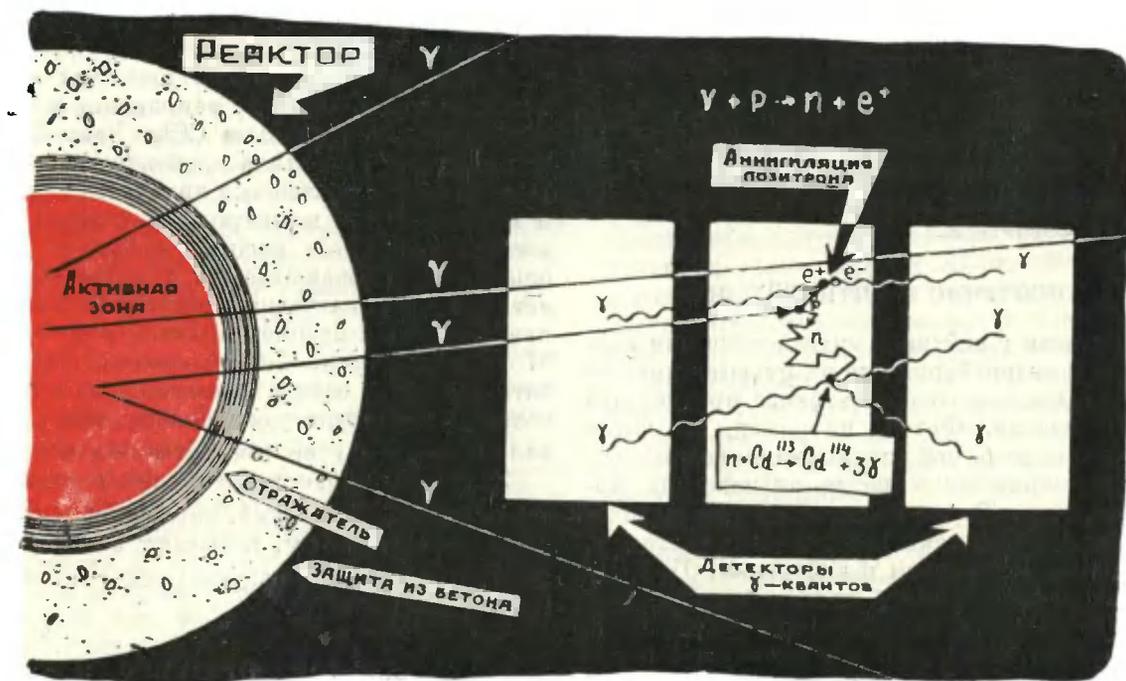


Рис. 4. Схема опыта Райнеса и Коуэна. Нейтрино из реактора вызывает реакцию, обратную  $\beta$ -распаду нейтрона:  $\nu + p \rightarrow n + e^+$ . Позитрон через  $10^{-10}$  сек. аннигилирует с  $e^-$ , порождая два  $\gamma$ -кванта. Нейтрон через некоторое время поглощается ядром кадмия, испуская каскад  $\gamma$ -квантов. Эти события регистрируются детекторами

ная картина, сопровождающая поглощение нейтрино: появление двух, равных по энергии,  $\gamma$ -квантов аннигиляции позитрона и, спустя некоторое время, каскада нескольких  $\gamma$ -квантов.

Источником нейтрино в опытах Ф. Райнеса и К. Коуэна служил мощный ядерный реактор (рис. 4). Почему мы уверены в том, что в реакторе возникают нейтрино? При каждом делении ядра урана образуется два новых ядра-осколка. Эти осколки радиоактивны. В среднем каждый из них испытывает около трех последовательных  $\beta$ -превращений, пока не превратится, наконец, в стабильное ядро. Итак, 6 нейтрино на одно деление. В реакторе, о котором идет речь, каждую секунду сгорало около десяти миллиграмм урана. Происходило  $10^{19}$  делений в секунду,  $6 \cdot 10^{19}$  нейтрино покидало пределы аппарата. Любопытно, что мощность этого излучения составляет несколько десятков тысяч киловатт!

Физики расположили свою аппаратуру за толстой бетонной защитой реактора, почти непроницаемой для любых других частиц. Каждый квадратный сантиметр их детекторов каждую секунду пронизывало более  $10^{13}$  нейтрино. Протошной мишенью служила обыкновенная вода, к которой подмешивался кадмий, ядра которого жадно поглощают нейтроны.

Эти ставшие теперь классическими, опыты в 1953 г. увенчались победой. Нейтрино было зарегистрировано. Вероятность его взаимодействия с протонами оказалась близкой к расчетной.

## НЕЙТРИНО И АНТИНЕЙТРИНО

Есть ли у нейтрино античастица или нейтрино и антинейтрино не отличаются друг от друга? Вообще говоря, заранее предугадать этого нельзя. Фотон, например, не имеет античастицы (с ней тождественно совпадает). У всех заряженных частиц античастица, конечно, есть. То же самое относится к некоторым электрически нейтральным частицам, например  $K^0$ -мезонам и нейтронам. Поэтому вопрос может решить только эксперимент.

Где можно искать различия между нейтрино и антинейтрино? Мы знаем, что существует два вида бета-распада — электронный и позитронный. Электрон и позитрон — частица и античастица. Может быть, «электронное» и «позитронное» нейтрино — это тоже частица и античастица?

Нейтрино, рожденное вместе с электроном (обозначим его  $\bar{\nu}$ ), вызывает, как мы знаем, обратный процесс — превращение протона в нейтрон. Это следствие обратимости реакций. Нейтрино, рожденное вместе с позитроном ( $\nu$ ), по этой же причине обязано вызывать превращение нейтрона в протон. Но «электронное» нейтрино  $\bar{\nu}$  не будет превращать нейтрон в протон, если оба нейтрино не совпадают тождественно (рис. 5).

Идею эксперимента предложил в середине сороковых годов Б. Понтекорво. За опыт взялся американский физик Р. Дэвис. Мы уже знаем, что ядерный реактор — это мощный источник нейтрино. Подчеркнем теперь, что все осколки деления распадаются с испусканием электронов и реактор излучает поэтому электронное нейтрино, для которых мы ввели обозначение  $\bar{\nu}$ . Итак, необходимо проверить, способны ли эти частицы вызвать превращение нейтрона в протон. В нашем распоряжении практически нет свободных нейтронов. Поэтому мишенью для нейтрино должны служить атомные ядра. По целому ряду причин Б. Понтекорво предложил использовать изотоп хлора с массовым числом 37. Если в этом ядре нейтрон заменить на протон, то образуется радиоактивный изотоп аргона.

Дэвис вблизи реактора поместил сосуд емкостью около 4000 л, заполненный четыреххлористым углеродом  $CCl_4$ . Разработанная методика позволяла практически без потерь выделить ничтожные количества аргона и вводить его в миниатюрный счетчик для регистрации актов распада аргона-37. Эти опыты, продолжавшиеся в течение многих лет, дали отрицательный результат: при облучении хлора потоком антинейтрино аргона-37 не образуется. Точнее, можно утверждать, что аргон если и образуется, то в количестве, в несколько раз меньшем, чем следовало ждать в случае тождественности  $\nu$  и  $\bar{\nu}$ .

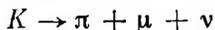
Этим доказывается различие между частицами  $\nu$  и  $\bar{\nu}$ . Ту из них, которая образуется вместе с электроном, называют антинейтрино ( $\bar{\nu}$ ) а другую, образующуюся с позитроном — нейтрино ( $\nu$ ).

## ДВА ТИПА НЕЙТРИНО

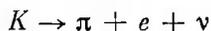
До сих пор мы говорили только о нейтрино, возникающих и исчезающих при  $\beta$ -распаде вместе с электронами и позитронами. Оказывается, что и при распаде многих дру-

гих элементарных частиц возникают «неуловимые» нейтральные частицы, также именуемые нейтрино.

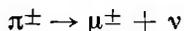
Приведем несколько примеров:



распад  $K$ -мезона на пион, мюон и нейтрино.

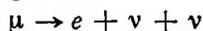


распад  $K$  на пион, электрон и нейтрино.



распад положительного и отрицательного пиона на  $\mu$ -мезон и нейтрино. Эта последняя реакция сейчас — основной источник лабораторных мюонов.

Мюон также неустойчив. Распад  $\mu^\pm$ -мезона сопровождается появлением только одной наблюдаемой частицы — позитрона или электрона. Электроны, так же как и при обычном  $\beta$ -распаде, выбрасываются со всевозможными энергиями — от нулевой до максимальной. Это означает, что в реакции участвуют еще две частицы: если бы частица была одна, то электроны имели всегда одну и ту же энергию. Таким образом:



Наконец, нейтрино появляются в процессе захвата мюона протоном — явление, аналогичное электронному захвату:



Относительно всех этих нейтральных частиц можно сразу сказать, что их спин равен половине, а масса относительно невелика.

Скажем прямо, не было никаких доказательств того, что все нейтральные частицы — это действительно те самые нейтрино, с которыми мы имели дело в  $\beta$ -распаде. Однако мысль о том, что природа могла оказаться настолько расточительной, чтобы на каждый тип распада «выделять» специальную частицу, а не воспользоваться «уже имеющимся» нейтрино, также казалась недопустимой.

Правда, один пример такой расточительности уже давно смущал теоретиков — это существование  $\mu$ -мезона. Дело в том, что во

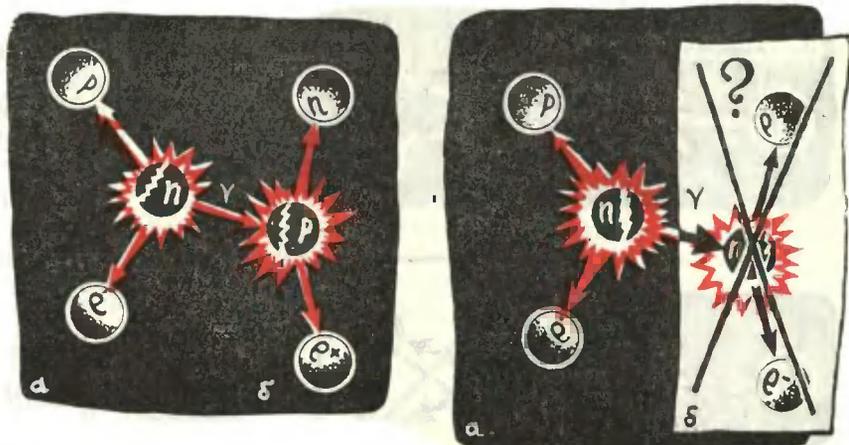


Рис. 5. Нейтрино и антинейтрино. Распадающийся нейтрон (а), поглощающий нейтрино протон (б). Нейтрино, возникшее вместе с электроном, превращает протон в нейтрон и позитрон (слева). Может ли такое нейтрино превратить нейтрон в протон? (справа). Опыт Дэвиса показал, что не может

всех реакций, выписанных выше, мюон и электрон выступают равноправно. Кроме того, у них одинаковый спин. Далее, мы уже говорили о магнитном моменте частиц. Теория предсказывает, что магнитный момент всех заряженных частиц за спином  $1/2$  должен быть обратно пропорционален их массе, и, более того, позволяет вычислить коэффициент пропорциональности. Для электронов и мюонов это предсказание выполняется чрезвычайно точно. Это тем более поразительно, что ни для одной другой частицы такого точного совпадения нет. Создавалось впечатление; что мюон и электрон — две совсем одинаковые частицы, которые почему-то отличаются только массой: мюон в 207 раз тяжелее электрона. Но такое положение полностью противоречит самым фундаментальным представлениям современной теории.

Существование  $\mu$ -мезона не позволяло, конечно, утверждать что-либо определенное о свойствах нейтрино, но создавало прецедент — и вера в принцип экономии была несколько подорвана.

Вернемся к распаду мюона:  $\mu \rightarrow e + \nu + \nu$ . Оказывается, не наблюдая непосредственно нейтральные частицы, можно сделать важное заключение относительно их природы. Мы не будем проводить соответствующих рассуждений: для этого нам недостает одного звена. Вывод состоит в том, что нейтральные частицы чем-то отличаются друг от друга. Это отличие было немедленно интерпретировано так, что одна частица — обыч-

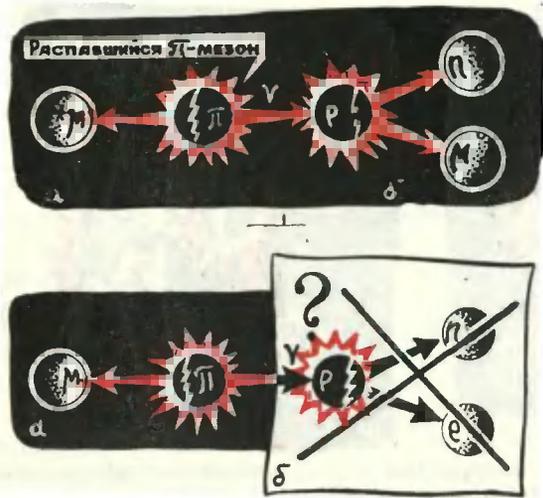


Рис. 6. Электронное и мюонное нейтрино. Нейтрино, рожденное совместно с  $\mu$ -мезоном (а), поглощаясь веществом, порождает снова  $\mu$ -мезоны (б) (сверху). Может ли такое нейтрино (а) породить электрон (в)? (внизу). Опыты в Брукхейвене и ЦЕРНе показали, что не может

ное нейтрино, с которым мы уже сталкивались в  $\beta$ -распаде, а другая — антинейтрино.

Эта интерпретация, однако, быстро привела к противоречию. Допустив, что в  $\mu$ -распаде рождается частица и античастица, мы должны, оказываясь, ждать, что кроме обычной существуют еще и безнейтринные способы распада:

$$\mu^{\pm} \rightarrow e^{\pm} + \gamma \text{ и } \mu^{\pm} \rightarrow 2e^{\pm} + e^{\mp}.$$

Поиски таких распадов в 1958—1960 гг. очень интенсивно велись во многих лабораториях, чувствительность и надежность экспериментов непрерывно повышалась, но результат был неизменно отрицательный.

Наиболее радикальным решением было бы поступиться консерватизмом и предположить, что в распаде  $\mu$ -мезона образуются два существенно разных нейтрино: одно — обычное «электронное», а другое —  $\mu$ -мезонное  $\nu_{\mu}$ . Конечно, уступка необходимости была сделана наиболее рациональным, или, если угодно, экономным способом. Если просмотреть все процессы, ведущие к образованию нейтрино, мы заметим, что эти частицы никогда не появляются (или исчезают) без того, чтобы появилась (или исчезла) одна из двух частиц —  $\mu$ -мезон или электрон. Нейтрино всегда ассоциируется с одной из этих частиц. Существование второго ней-

трино лишило бы загадку  $\mu$ -мезона свойства уникальности. Но прежде всего необходимо было доказать существование мюонного нейтрино. Дело было за экспериментом.

В 1959 г. Б. Понтекорво выдвинул идею, близкую к той, которая была им предложена ранее в связи с проблемой тождественности  $\nu_e$  и  $\tilde{\nu}_e$ . Если оба нейтрино — электронное и мюонное — тождественны, то при достаточно большой энергии должны быть почти равновероятны и процессы:

$$\begin{aligned} \nu + p &\rightarrow n + e \\ \nu + p &\rightarrow n + \mu. \end{aligned}$$

В противном случае каждый из типов нейтрино будет при столкновении с протонами (или нейтронами) рождать только «свою» заряженную частицу:  $\nu_{\mu}$  — мюоны, а  $\nu_e$  — электроны (рис. 6).

Мы уже привыкли к тому, что опыты с нейтрино всегда очень трудны. Интересно, что даже в 1959 г. предложенные эксперименты не рассматривались как дело завтрашнего дня; считалось, что их можно будет осуществить только в отдаленном будущем.

Но эксперимент был поставлен. Уже в 1962 г. появились первые сообщения американской группы, работающей на Брукхейвенском космотроне, а в 1963—1964 гг. физики западноевропейского международного центра (ЦЕРН) представили обширный материал, обогативший нас новой информацией.

В результате нейтринных экспериментов можно с полной уверенностью утверждать, что нейтрино, ассоциированное с мюоном, отличается от частицы, первоначально постулированной В. Паули. Доказано существование двух сортов нейтрино: мюонного  $\nu_{\mu}$  и электронного  $\nu_e$ .

Эти же эксперименты позволили установить, что мюонное нейтрино отличается от своей античастицы.  $\nu_{\mu}$  «помнит» знак мезона, с которым оно родилось. При столкновении с ядрами  $\nu_{\mu}$  рождает отрицательные мюоны, а  $\tilde{\nu}_{\mu}$  — положительные.

Теперь вместо одной загадки мы имеем две: как-то между собой связанные электрон — мюон и  $\nu_e$  —  $\nu_{\mu}$ .

#### СЛАБОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

В стремлении вскрыть «первопричины» явлений человек обнаружил в природе молекулы, атомы и, наконец, элементарные частицы. Хотя заманчивая идея объяснить

многообразие событий микро- и макромира свойствами небольшого числа этих «кирпичей мироздания» еще бесконечно далека от завершения, небольшой прогресс на этом пути все же имеется. Оказалось, что огромное количество внешне разобщенных фактов удается свести всего к четырем фундаментальным типам взаимодействия между элементарными частицами: гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое взаимодействия<sup>1</sup>.

Здесь мы остановимся только на слабых взаимодействиях, так как проблема нейтрино связана именно с ними. Это  $\beta$ -распад, распады  $\lambda$ - и  $\mu$ -мезонов,  $K$ -мезонов, нейтринные реакции. Кроме того, к слабым относится несколько видов распада  $K$ -мезонов и гиперонов, в которых нейтрино не возникает. Что заставило объединить все эти процессы в одну группу? Прежде всего их чрезвычайно малая вероятность. Например, наиболее типичное время, в течение которого  $\beta$ -радиоактивное ядро может «выжить», не распавшись, — сотни секунд. За это время нейтроны и протоны, двигающиеся внутри ядра, успевают сделать колоссальное число оборотов —  $10^{24}$ — $10^{25}$ .  $\beta$ -распад — очень редкое событие в жизни ядра.

Время жизни системы — ядра или элементарной частицы — зависит от многих факторов: энергии, выделяющейся при распаде, числа частиц, возникающих в результате распада, их спинов и т. д. Среди определяющих факторов — интенсивность взаимодействия, его константа.

Рассмотрение всех медленных процессов показывает, что константа взаимодействия оказывается не только очень маленькой (что естественно), но и во всех случаях почти одинаковой. Если найти, например, численное значение константы ядерного  $\beta$ -распада и использовать ее для вычисления времени жизни  $\mu$ -мезона, то получается хорошее согласие с опытом. Хотя время жизни ядра отличается в десятки миллионов раз от времени жизни мюона, вычисленное и измеренное значение совпадают в пределах нескольких процентов.

«Заряд» слабого взаимодействия приблизительно в тысячу раз меньше электромагнитного и более чем в миллион раз меньше константы сильного взаимодействия. Вероятность почти всех процессов определяется квадратом константы, т. е. величиной около  $10^{-11}$ . «Неуловимость» нейтрино — одно

<sup>1</sup> См. «Природа», 1960, № 8, стр. 8—17.

из многих проявлений малой величины этой вероятности.

Слабое взаимодействие не менее распространено, чем электромагнитное. По-видимому, все элементарные частицы, за исключением только фотона, могут взаимодействовать с помощью «слабых» сил. Электрон и мюон, насколько сейчас известно, кроме слабого, участвуют только в электромагнитных взаимодействиях. Нейтрино же — наиболее чистый носитель слабого взаимодействия; никаких других сил, связывающих его с миром, не известно. Эти четыре частицы —  $e$ ,  $\mu$ ,  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  со своими античастицами называют лептонами (от греческого — мелкий, ср. лепта).

Существуют ли какие-нибудь специфические законы сохранения, регулирующие число элементарных частиц?

Число фотонов, например, в мире не постоянно. Любое тело излучает их в огромном количестве. Если достаточно энергии, они могут рождаться в любом числе. Число электронов также непостоянно. Встретившись с позитроном, электрон аннигилирует, превращаясь в  $\gamma$ -кванты. И наоборот,  $\gamma$ -квант при подходящих условиях может породить пару  $e^+$  и  $e^-$ . То же самое относится и к  $\mu^\pm$ -мезонам. Вообще число любых частиц в мире непостоянно: они всегда могут аннигилировать со своими античастицами. Оказывается, однако, что в сильных и электромагнитных процессах всегда сохраняется разность числа частиц и античастиц данного сорта.

Постоянна ли разность числа  $\nu$  и  $\bar{\nu}$ ? Мы уже фактически знаем, что нет: и  $\nu$  и  $\bar{\nu}$  рождаются в процессах распада поодиночке, поодиночке и исчезают они в нейтринных реакциях. Более того, слабое взаимодействие нарушает сохранение разностей числа всех частиц и античастиц. Электроны и мюоны также гибнут и возникают не парами, нейтрон превращается в протон и т. д.

Но мы знаем также, что  $\nu_e$  всегда ассоциировано с электроном, а  $\nu_\mu$  — с мюоном. Во всех «слабых» реакциях исчезновение, например, мюона всегда сопровождается появлением анти-мю-нейтрино. И вообще появление любого лептона сопровождается гибелью какого-нибудь другого лептона или появлением антилептона. Это позволяет утверждать, что слабое взаимодействие сохраняет разность числа лептонов и антилептонов.

Нужно, правда, заметить, что в определении «лептона» и «антилептона» содержится произвол. Если мы переименуем нейтрино в антинейтрино, но сохраним названия заряженных лептонов, то закона сохранения не получится и останется только то, с чего мы начали: заряженный и нейтральный лептоны появляются или исчезают парами.

### ЗЕРКАЛЬНАЯ И ЗАРЯДОВАЯ СИММЕТРИЯ

Нейтрино родилось, чтобы спасти законы сохранения. В 1956 г. выяснилось, что его существование тесно связано с гибелью двух других законов или, точнее, принципов симметрии, казавшихся ранее неизбежными. Речь идет о равноправности, или условности понятий «левый» и «правый», и «частица», и «античастица».

Представим себе какой-либо объект и его зеркальное изображение. Существует две возможности: либо зеркальное изображение не отличается от оригинала, либо оно от него отличается. Шар, эллипсоид вращения — примеры зеркально-симметричных предметов. Левая винтовая парезка при отражении переходит в правую и наоборот. То же самое происходит и с левой и правой рукой. Двукратное последовательное отражение приводит всегда к исходному предмету. Например, дважды отраженный винт будет правым, если правым был оригинал.

Как мы объясним себе, где левая, а где правая сторона? Можно сказать: левая сторона там, где находится сердце. К понятиям

«лево» и «право» тесно примыкает понятие вращения «по часовой стрелке», связанное с направлением вращения Земли. Условившись об одной, можно дать рецепт определения другого. Таким образом, для различения левого и правого мы фактически пользуемся каким-нибудь зеркально несимметричным макроскопическим объектом или процессом в качестве эталона.

Возникает вопрос, делает ли природа в своих фундаментальных проявлениях различие между левым и правым? Можно ли найти эталон в самих законах природы? Направление вращения Земли мы не считаем чем-то фундаментальным. Вероятно, оно связано с какой-то «случайностью» в процессе образования солнечной системы и не решает поставленного вопроса.

Представим себе, что в одно прекрасное утро мы очутились в «зеркальной стране», где Земля вращается в другую сторону, сердце находится справа, наши привычки (писать и т. п.) заменены на зеркальные. Ощутили бы мы перемену? Пусть, далее, из зеркальной страны мы вступили в связь с обычным миром и у нас зашел спор — какой из миров настоящий, а какой — только его зеркальное отражение. Чтобы научно ответить на этот вопрос, нужно обнаружить какое-нибудь отличие в свойствах объектов или течении каких-либо процессов. Наш спор сильно напомнил бы диспут двух людей, равномерно движущихся друг относительно друга в свободном пространстве, по

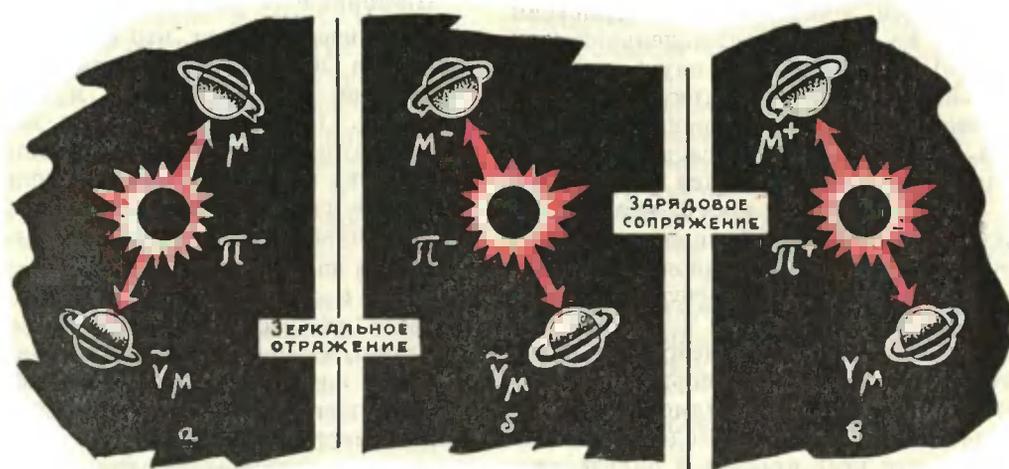


Рис. 7. Схема комбинированной симметрии. Последовательные операции зарядового сопряжения и зеркального отражения приводят к процессу, существующему в природе (а и в). Каждая из них, отдельно взятая, не приводит к реальным объектам (б)

поводу того, кто «по-настоящему» движется, а кто «в действительности» покоится. Известно, что любые доводы одного путешественника так же хороши, как и другого. Любой физический опыт, поставленный этими людьми, дает один и тот же результат. В этом состоит физическое содержание знаменитого принципа относительности Галилея, перешедшего без всяких изменений в специальную теорию относительности Эйнштейна. Движение относительно.

Принцип зеркальной симметрии утверждает, что левое и правое в природе равновыправны. Природа не дает нам «эталона». Другими словами: если в природе есть какой-то объект (или процесс), то либо существует, либо можно воспроизвести, либо во всяком случае законам природы не противоречит существование зеркально-симметричного предмета (или процесса).

В точности то же самое (с заменой терминов) относится к принципу зарядовой симметрии. Заменяем у какой-либо частицы знаки ее зарядов. Это относится, конечно, не только к электрическому заряду, но и к магнитному моменту и любым другим «зарядам», характеризующим частицу. Объект, получающийся в результате этой операции, зарядового сопряжения, — назвали античастицей. Считалось, что если у элементарной частицы заменить знаки всех зарядов, то получится объект, существующий в природе. В отношении макроскопических тел утверждалось, что после зарядового сопряжения, произведенного над всеми элементарными частицами, из которых они состоят, мы получим снова существующий объект или, во всяком случае, объект, существование которого не противоречит законам природы. Все, что было сказано о «зеркальной стране», можно повторить в отношении «антимира».

Американские теоретики Ли и Янг были первыми, кто выдвинул революционную гипотезу о том, что в слабых процессах нарушается зеркальная и зарядовая симметрия. Начиная с 1957 г. во всем мире было проделано огромное число экспериментов, полностью подтвердивших эту гипотезу. Оказалось, что «в одно прекрасное утро» мы не можем очутиться в зеркальной стране, потому что ее вообще не может быть в природе.

В чем реально проявляется нарушение зеркальной симметрии? Опыт показал, что нейтрино  $\nu_e$  продольно поляризовано. Когда спины разных частиц имеют какое-то преимущественное направление, то говорят, что частицы поляризованы. Продольная поляризация — термин, обозначающий, что преимущественное направление спина совпадает с траекторией частицы. Очевидно, что продольная поляризация бывает двойкой: спин может быть расположен либо по направлению движения, либо против. Опыт, о котором мы говорим, показал, что спин противоположен направлению движения. Если бы мы могли видеть нейтрино и его вращение, мы бы сказали: глядя вслед нейтрино, мы увидели бы, что оно вращается против часовой стрелки, т. е. направление перемещения и вращения у нейтрино связаны друг с другом так же, как и у болта, ввинчивающегося в резьбу с левой нарезкой. Можно сказать, что нейтрино — левая частица.

Казалось бы аналогичную ситуацию легко представить и без трудных опытов с нейтрино. Возьмем, например, ружья, в стволе которых сделана определенная, скажем, левая нарезка. Тогда все пули, вылетающие при выстреле, будут «продольно поляризованы», т. е. станут вращаться одинаковым образом, в данном случае так же, как и нейтрино. Подрывает ли это принцип симметрии? Нет, ибо при желании мы можем сделать и «правые» ружья. Законы природы нам этого не запрещают. Но в природе нет ядер, «стреляющих» правыми нейтрино. Все нейтрино в мире левые. Природа почему-то предпочла одно вращение другому. Что мы увидим, наблюдая  $\beta$ -распад в зеркале? Мы увидим ядра, стреляющие правыми нейтрино, т. е. увидим нечто, не существующее в действительности. Ведь в зеркале связь между направлением вращения и перемещения меняется на обратную. В природе нет ядер, испускающих правые нейтрино, ибо все нейтрино в мире левые. Если угодно — нейтрино можно использовать в качестве эталона левого.

При скоростях, приближающихся к скорости света, не только нейтрино, но и вообще все лептоны (возникающие в слабых взаимодействиях) имеют определенную спиральность: электроны, отрицательные мюоны,  $\nu_e$  и  $\nu_\mu$  — левую, а позитроны, положительные мюоны,  $\bar{\nu}_e$  и  $\bar{\nu}_\mu$  — правую.

Выше мы говорили о сохранении лептонов. Теперь мы видим, что лептоны и антилептоны имеют противоположную спиральность. Поскольку лептон всегда рождается одновременно с антилептоном, то можно сказать, что в процессах, управляемых слабым взаимодействием, сохраняется суммарная спиральность частиц, участвующих в реакции. Здесь уже нет произвола, который мы отмечали в связи с законом сохранения лептонов: опыт показывает, что два лептона, рожденных в распаде, имеют противоположную спиральность.

В чем проявляется отсутствие зарядовой симметрии?

Опыт показывает, например, что  $\pi^-$ -мезон распадается на правое  $\tilde{\nu}_\mu$  и  $\mu^-$ -мезон. Заменяем знаки всех частиц, участвующих в реакции. Их спиральность остается при этом прежней,  $\pi^-$  и  $\mu^-$  переходят в  $\pi^+$  и  $\mu^+$ , из  $\tilde{\nu}_\mu$  получается  $\nu_\mu$ . Зарядово-сопряженный процесс выглядел бы так:  $\pi^+$ -мезон распадается на правое  $\nu_\mu$  и  $\mu^+$  (рис. 7).

Но  $\pi^+$ -мезон в действительности распадается не так. При его распаде левое  $\nu_\mu$ , а не правое. Простая замена знаков привела нас к процессу, не существующему в природе. Теперь мы видим, что для перехода от частицы к античастице недостаточно только заменить знаки всех зарядов. Необходимо еще переменить и спиральность на обратную.

Спиральное нейтрино само по себе демонстрирует нарушение зарядовой инвариантности<sup>1</sup>. Действительно, нейтрино — левая частица; проведя зарядовое сопряжение, мы получим левое же анти-нейтрино, т. е. несуществующий объект.

Если просмотреть все приведенные выше случаи, то можно убедиться в следующем: при замене зарядов мы получаем не античастицу, а нечто, отличающееся от нее своей спиральностью. И наоборот, отражая в зеркале частицу, мы получаем нечто, имеющее неправильный знак зарядов. Нетрудно проверить, что взяв любую частицу или процесс и проделав две последовательные операции — отражения и зарядового сопряжения — мы получим частицу, которая и есть «настоящая» античастица или процесс, уже реально существующий в природе (см. рис. 7). Например, отражение левого нейтрино превращает его в несуществующее правое нейтри-

но, после чего замена знака даст уже реальное правое антинейтрино.

Вместо двух потерянных симметрий появляется одна новая комбинированная симметрия.

До 1957 г. определение левого и правого, частицы и античастицы было условным. Если бы зеркальная и зарядовая симметрии нарушались независимо друг от друга, то мы получили бы два эталона — для левого (или правого) и для частицы (или античастицы). Существование комбинированной симметрии лишает нас этой возможности. Мы должны условиться, что именно мы называем частицей, т. е. иметь эталон. Тогда левое и правое можно определить, независимо от расположения сердца. И наоборот, условившись называть левой сторону, где находится сердце, мы можем определить частицу и античастицу. Существование комбинированной симметрии означает, что «зеркальный антимир» — явление, не противоречащее законам природы.

Замечательно, что существование комбинированной симметрии и, в частности, спиральности нейтрино, было предсказано советским ученым Л. Д. Ландау и независимо от него Ли и Янгом, а также А. Саламом еще до того, как опыт подтвердил гипотезу о нарушении зеркальной и зарядовой симметрии. Теория утверждала, что спиральны все лептоны. Экспериментаторам было оставлено «немного»: узнать, что является правым — частица или античастица. Для  $\mu$ -нейтрино ответ был впервые получен в СССР А. И. Алихановым и В. А. Любимовым, а для электронного — М. Гольдхабером и группой сотрудников в США<sup>1</sup>.

Вернемся к вопросу о различии нейтрино и антинейтрино. Опыты Дэвиса и Райнса и Коуэна показали, что нейтрино электронного и позитронного распада не тождественны: одно из них превращает протон в нейтрон, другое — нет. Одно из них было

<sup>1</sup> В августе 1964 г. на Международной конференции в Дубне был оглашен сенсационный результат: свойства распада нейтральных  $K$ -мезонов несовместимы со строгим соблюдением комбинированной симметрии. Наблюдавшийся эффект весьма мал, и часть физиков встретила новость скептически. На сегодняшний день, однако, результат можно, по видимому, считать надежно установленным.

Сейчас совершенно неясно, какое из взаимодействий «ответственно» за нарушение комбинированной симметрии: сильное, электромагнитное, слабое, или существует какое-нибудь новое, ранее неизвестное взаимодействие. Решающее слово в установлении истины принадлежит опыту.

<sup>1</sup> Это утверждение верно только, если масса нейтрино строго равна нулю.

названо частицей, другое — античастицей, хотя их различие оставалось несколько мистическим. Затем была обнаружена спиральность, которая у  $\nu_e$  и  $\bar{\nu}_e$  оказалась разной. Отличаются ли  $\nu_e$  от  $\bar{\nu}_e$  еще чем-нибудь? Очень возможно. Ведь есть же у нейтрино какой-то атрибут, отличающий  $\nu_e$  от  $\bar{\nu}_e$ . Нам он неизвестен; но протон, например, прекрасно «знает», с чем он имеет дело: при столкновении с  $\nu_e$  он выбрасывает электрон, а сталкиваясь с  $\bar{\nu}_e$ , — мюон.

Можно поставить крамольный вопрос: являются ли нейтрино электронного и позитронного распада частицей и античастицей? Может быть, опыт Дэвиса дает отрицательный результат просто из-за того, что левый винт не входит в правую нарезку? Иначе говоря, законы  $\beta$ -распада и вообще слабого взаимодействия таковы, что испускание и поглощение лептонов происходит только в одном определенном состоянии спиральности и интерпретации опыта Дэвиса (а также результатов, полученных в ЦЕРНе и Брукхейвене) становится неоднозначной.

\* \* \*

Сказанное далеко не исчерпывает интереснейшей главы физики под названием «нейтрино». Каков механизм слабого взаимодействия? Существует ли аналог фотона, передающий слабое взаимодействие? Теоретики даже заготовили для него название «векторный бозон». Бозон усиленно ищут в ЦЕРНе и Брукхейвене. Пока результаты отрицательные.

Началось прощупывание сердцевины про-

тона при помощи нейтрино большой энергии: это первые шаги нейтринной микроскопии.

Действительно ли при всех условиях вероятность нейтринных реакций исчезающе мала? Может быть, слабое взаимодействие сконцентрировано в очень небольшом объеме, размеры которого в тысячи раз меньше радиуса протона ( $7 \cdot 10^{-14}$  см). Пока такие расстояния нам недоступны — не хватает разрешающей способности у «нейтринных микроскопов». Но то, что вероятность реакций быстро растет с энергией — это факт. Остановится ли этот рост прежде, чем «слабые» реакции по своей вероятности догонят электромагнитные и приблизятся к сильным? Иными словами, является ли слабое взаимодействие действительно слабым?

Если энергия Солнца поддерживается, как все сейчас думают, за счет термоядерных реакций, то каждый квадратный сантиметр нашего тела каждую секунду пронизывает около  $10^{11}$  нейтрино, хотя мы этого и не замечаем. Эти частицы свободно покидают недра нашего светила и несут информацию о протекающих там процессах. Есть много грандиозных проектов и уже делаются первые шаги в создании нейтринной астрономии. Об этом очень увлекательно рассказано в ряде статей Б. Понтекорво<sup>1</sup>.

Можно быть уверенным, что развитие физики нейтрино принесет еще много важных и удивительных открытий.

УДН 539.123

<sup>1</sup> См. «Успехи физических наук», т. 79, 1962, № 1; «Наука и человечество», Изд-во «Знание», 1963.



Г. Берсон

## ГИДРОПОНИКА НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ

Мурманское книжное изд-во, 1964, 127 стр., ц. 15 коп.

В последнее время гидропоника — выращивание растений без почвы — получает все более широкое распространение. И в первую очередь это относится к овощеводству. Наибольшее значение этот способ приобретает в условиях Севера, где выращивать овощи в открытом грунте почти



невозможно. Автор книги задался целью дать своеобразное пособие по технологии выращивания тепличных овощей в высоких широтах. Он рассказывает где и какие методы гидропоники (их три — безгрунтовая культура; хемокультура и агрегатокультура) надо применять, как организовать правильное питание растений, как добиться высокого урожая огурцов, помидоров, лука и как во время полярной ночи вырастить тюльпаны, нарциссы и гиацинты.

Скоро жители нашего Севера будут регулярно снимать урожай со своих полярных огородов.

# Хлеб ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

## ПОЛИПЛОИДИЯ В СЕЛЕКЦИИ ПШЕНИЦЫ

*Профессор В. Е. Писарев*

*Герой Социалистического Труда*

*За последние 30—40 лет ботанико-генетического изучения большого числа культурных и диких растений установлено, что родственные виды различаются не только по морфологическим или физиологическим признакам, но и по числу хромосом в ядре их клеток. Обнаружение этого факта имеет громадное значение в селекции.*

### ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ ПОЛИПЛОИДЫ

Открытие отдельных образований, хромосом, внутри клеточного ядра принадлежит, как известно, талантливому русскому ученому И. Д. Чистякову (1874 г.). Дальнейшие исследования показали, что виды внутри ботанических родов различаются между собой числом хромосом, которое сводится к кратному повторению исходного для рода числа хромосом. При этом в соматических клетках растения хромосом всегда в два раза больше, чем в половых. Число хромосом в половых клетках называется гаплоидным, а в соматических — диплоидным.

У отдельных видов внутри рода можно найти трех-, четырехкратные и более хромосомные наборы. Так, в роде пшеницы, *Triticum*, различаются виды: однозернянка с 14, твердая с 28 и мягкая пшеница с 42 хромосомами. Во всех видах пшеницы, таким образом, повторяется исходное (гаплоидное) число 7. Такие ряды видов с различным числом хромосом принято называть полиплоидными. Примеров полиплоидных рядов можно привести много, так как полиплоидия растительных организмов — явление широко распространенное в природе и она сыграла крупную роль в эволюции растений.

Естественные полиплоиды составляют более половины всех видов высших растений. Преимущественно полиплоидными расте-

ниями являются и все виды культурных растений.

Естественные полиплоидные виды и искусственно получаемые полиплоидные формы относятся к двум типам. Первый тип — это так называемые автоплоиды, представляющие собой организмы с увеличенным набором хромосом исходного растения в различных кратных отношениях. Второй тип — аллоплоиды. Это организмы, полученные в результате естественной или искусственной гибридизации, бесплодное первое поколение которых после удвоения в нем хромосомного набора становится плодовитым.

Цитологическое изучение культурных растений позволило установить, что некоторые из них (твердая и мягкая пшеница, табак, хлопчатник и др.) являются аллоплоидами. Многие из культурных и диких видов в последние годы воспроизведены вновь как советскими, так и зарубежными учеными.

Полиплоидия вызывает глубокие и разнообразные изменения в свойствах затронутых ею организмов. Прежде всего, сами клетки, в которых появилось увеличенное число хромосом, как правило, становятся более крупными. Это укрупнение отдельных клеток организма довольно часто влечет за собой и увеличение размеров самого организма, его цветков и плодов. Одновременно изменяются и физиологические процессы в новом организме.

На основе большого материала, накопившегося за последние годы по результатам использования полиплоидии в селекции сельскохозяйственных растений, можно сделать некоторые выводы. Пока применение полиплоидии наиболее перспективно на растениях малохромосомных, так как многохромосомные виды в процессе своей эволюции уже использовали преимущества полиплоидии. Здесь можно назвать такие культуры, как рожь и гречиха, автоплоидные сорта которых только еще на выходе в производство. Перспективно оно также для видов, у которых снижение семенной продуктивности не имеет особого значения, например, при выращивании корнеплодов и в особенности сахарной свеклы, кормовых трав, эфироносных растений, а также на растениях, размножаемых вегетативно.

#### ЗАГАДКА ГИБРИДА РИМПАУ РАСКРЫТА

Что касается зерновых культур, то это наиболее трудный объект для применения полиплоидии, и мы пока не знаем сортов пшеницы или ячменя, выведенных при использовании полиплоидии и переданных производству<sup>1</sup>. Так, на основе аллоплоидии, как об этом свидетельствуют наши знания о происхождении таких естественных аллоплоидов, как группы твердых и мягких пшениц, уже теперь возможен переход к созданию новых культурных растений или объединение в одном организме признаков, присутствующих не только разным видам, но и родам. Еще в прошлом столетии возникла в разных странах идея о скрещивании озимой пшеницы с озимой рожью.

Создание новой культуры с зерном пшеницы и высокой зимостойкостью ржи и теперь представляет для районов земного шара, где озимая пшеница вымерзает или зимует плохо, исключительное значение. Не менее важной задачей при селекции яровой пшеницы является придание ее сортам признака сильного или быстрого роста в первые месяцы после всходов. В этот период сорта мягкой и твердой пшеницы обычно развиваются медленно и обладают слабой устойчивостью к поражению насекомыми и грибными болезнями.

<sup>1</sup> На выходе в производство находятся сейчас в Швеции сорта-амфилоиды Мюнтцига, результат его 32-летней работы. Сорта удаются на супесчаных почвах значительно лучше озимой пшеницы, имеют повышенное содержание белка в зерне, но урожайности отстают от стандарта озимой пшеницы не более, чем на 2—3%.

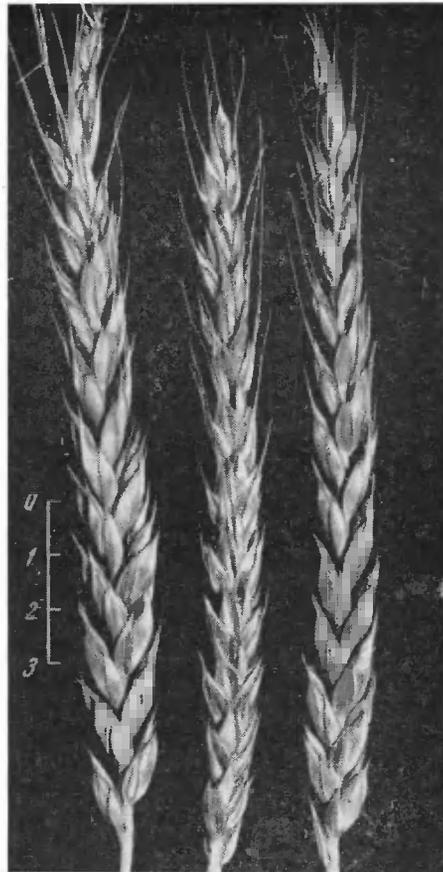


Рис. 1. Колосья яровой амфилоида

Обычно первое поколение от скрещивания пшеницы с рожью остается полностью бесплодным. Впервые частично плодовитое первое поколение такого гибрида появилось в 1891 г. у немецкого селекционера Римпау. Во втором и последующих поколениях гибрид не обнаружил обычного менделевского расщепления, почему и получил название константно промежуточного гибрида.

Гибрид Римпау сорок лет оставался загадкой, пока аналогичное растение не возникло в питомниках Саратовской опытной станции. Саратовский гибрид был цитологически исследован советским ученым Г. А. Левитским: в соматических клетках его было обнаружено 56 хромосом, из которых 42 хромосомы принадлежали пшенице, а 14 хромосом — ржи. После опубликования в 1931 г. результатов этого исследования, в один и тот же год, ливедский генетик

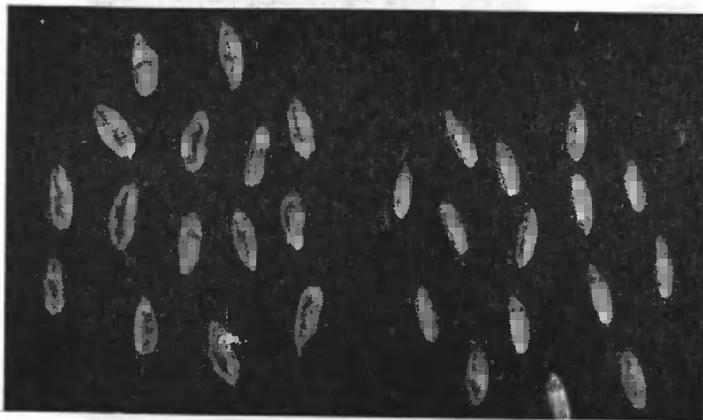


Рис. 2. Зерно ярового амфидиплоида — АД20. Урожай  $F_3$  (слева), урожай  $F_{12}$  (справа), после отбора на фоне борного питания

Мюнтциг и немецкие ученые Элер и Линдшау обнаружили, что гибрид Римпау также имеет 56 хромосом. Так, наконец, была раскрыта загадка появления нового, четвертого вида пшеницы. Такое спонтанное образование плодового первого поколения от скрещивания пшеницы и ржи объясняется влиянием внешних условий, главным образом необычно низких или высоких температур в период формирования половых элементов.

Следует отметить, что еще в конце прошлого столетия значение ядра и хромосом в жизни клетки и организма в целом было доказано классическими исследованиями русского ботаника И. И. Герасимова, экспериментировавшего с водорослью *Spirogyra*. Он подвергал эту водоросль воздействию низких температур и наркотиков. Эти воздействия нарушали обычный процесс деления клеток; некоторые из них оказались безъядерными, другие содержали по два ядра. Благодаря задержке клеточного деления два образовавшихся ядра сливались в одно, что приводило к формированию крупной клетки, содержащей удвоенное количество ядерного вещества.

В итоге этих исследований были получены не только отдельные клетки с удвоенным ядром, но и возникла новая гигантская водоросль. Работами И. И. Герасимова была доказана возможность искусственно вызывать явления, получившие позднее название **полиплоидии** (Винклер, 1916).

Одно время повышение температуры было взято генетиками и селекционерами в качестве фактора, влиявшего на удвоение хромосомного комплекса в стерильных гибридах

первого поколения. Цитогенетик Леван (Швеция) при описании действия теплового метода, в частности, писал, что «для получения одного растения тетраплоидного ячменя приходилось воздействовать на сотни колосьев, а тетраплоиды искать среди тысячи растений». Все это крайне затрудняло процесс получения полиплоидных форм и дальнейшую с ними работу.

Наиболее удачным методом оказалась так называемая колхициновая техника, предложенная американскими учеными Блэксли и Эвери. Впервые способность колхицина оказывать влияние на клеточное деление была установлена учеными-медиками. В растениях под

влиянием колхицина, наряду с нормальными — диплоидными — тканями, образуются ткани более высокой пloidности. В том случае, когда репродуктивные органы возникают из полиплоидной ткани, получают семена новой полиплоидной формы.

Благодаря легкости дозирования колхицина последний чрезвычайно упростил задачу искусственного получения автоплоидных и аллоплоидных растений. Обратимся теперь к нашим работам по использованию полиплоидии в селекции пшеницы.

#### СКРЕЩИВАНИЕ ПШЕНИЦЫ И РЖИ

Крупным недостатком сортов яровой пшеницы, как мягкой, так и твердой, является их слабый и замедленный рост в течение первых 25—30 дней после всходов. Это обстоятельство влечет за собой слабую устойчивость растений к грибным заболеваниям, повреждениям вредными насекомыми и неспособность борьбы с сорняками.

В то же время рост других зерновых культур — ячменя, овса и яровой ржи — в весеннее время представляет значительный контраст с пшеницей; темпы накопления этими культурами сухого вещества значительно ее превосходят. Пока мы еще не умеем скрещивать с пшеницей виды ячменя и овса, но уже более 90 лет известно, что пшеница и рожь могут скрещиваться.

Яровая рожь, кроме сильного роста в начале своего развития, обладает рядом признаков, которых не достает пшенице. Так, рожь не требовательна к температурному режиму в период прорастания семян и всходов,

менее требовательна к почвенному плодородию, по урожаю зерна не уступает пшенице и более устойчива к ряду грибных болезней.

Первые гибриды пшеницы с яровой рожью были получены нами еще в 1915 г. в Восточной Сибири, на Тулунской опытной станции. Первое поколение гибридов оказалось бесплодным, работа далее не продвинулась.

Вновь к этой идее мы вернулись только в 1940 г., когда в селекционно-генетическую практику вошло использование колхицина. Первые амфидиплоиды нами были получены в 1941 г. Цитологический анализ подтвердил наличие в их соматических клетках 56 хромосом. Материнскими растениями были различные экологические типы пшеницы, отцовским растением во всех скрещиваниях была восточно-сибирская яровая рожь.

В условиях обычного полевого посева по сравнению с пшеницей наши амфидиплоиды оказались более мощными растениями, с более темной листвой и повышенной устойчивостью к грибным болезням. В колосе амфидиплоидов преобладают признаки пшеницы — колоски в колосе не двухцветковые, как у ржи, а многоцветковые, как у пшеницы. Зерно по окраске относится к пшеничному типу, но более удлиненное, чем материнское, форма его зародыша промежуточная между пшеницей и рожью.

Окраска колоса, присутствие или отсутствие остей, опушение и плотность колоса зависят от морфологических признаков родительских форм. Что же касается количественных признаков колоса амфидиплоидов, то здесь определенно сказывается влияние отцовского растения — яровой ржи. На хорошем агротехническом фоне число колосков может возрастать до 30, в то время как стандарт, пшеница Московка, имеет 15—16 колосков.

По биологии цветения у амфидиплоидов обнаружены значительные различия — от растений, цветущих открыто, до строгих самоопылителей, у которых пыльники после цветения сохраняются на бородке зерна.

Как и следовало ожидать, амфидиплоиды по темпу роста в первые 20—30 дней после всходов полностью приблизились к отцов-

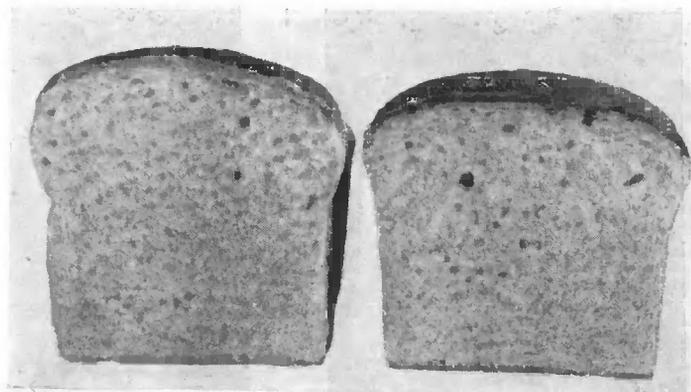


Рис. 3. Хлебцы лабораторной выпечки: Московка (слева), АД20 (справа)

скому растению — ржи. Так, амфидиплоид 20 по сравнению со стандартным сортом пшеницы за весенний период накапливал сухо-го вещества более чем на 34%. Однако зерновая продукция и самое качество зерна амфидиплоидов принесли нам большое разочарование: первые 22 наших 56-хромосомных гибридов показали озерненность от 0,8 до 30 зерен на колос.

Между тем, если принять во внимание, что в колосьях содержалось свыше 80—90 потенциальных цветков, число зерен могло бы достигать 90—100 в колосе<sup>1</sup>. Затем анализ озерненности отдельных комбинаций показал, что, хотя у первого поколения она полностью зависела от биологических особенностей материнских сортов пшеницы, связи озерненности первого поколения амфидиплоидов с экологическим происхождением материнских сортов пшеницы нам установить не удалось.

Не меньшее разочарование принесло и само зерно амфидиплоидов. Хотя зерна были крупнее, чем у исходных сортов пшеницы, однако форма их отличалась грубостью, поверхность была покрыта вмятинами, оболочка — грубая. Так выглядел «новорожденный» 56-хромосомный вид рода *Triticum*, искусственно синтезированный современной селекционной наукой. Нет никаких сомнений, что так же выглядел, например, спонтанно образовавшийся аллоплоид — с п е л ь т а, предок современных мягких пшениц.

<sup>1</sup> В 1953 г. нами был отобран элитный колос с 91 зерном, но потомство его распалось.

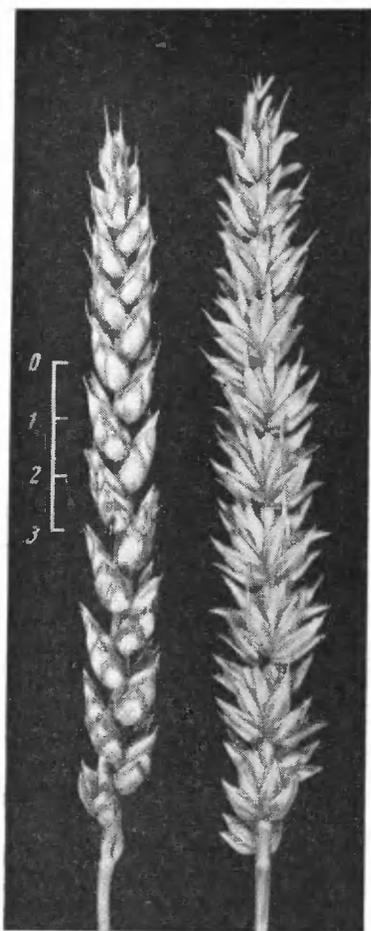


Рис. 4. Колосья озимого амфидиплоида АД72

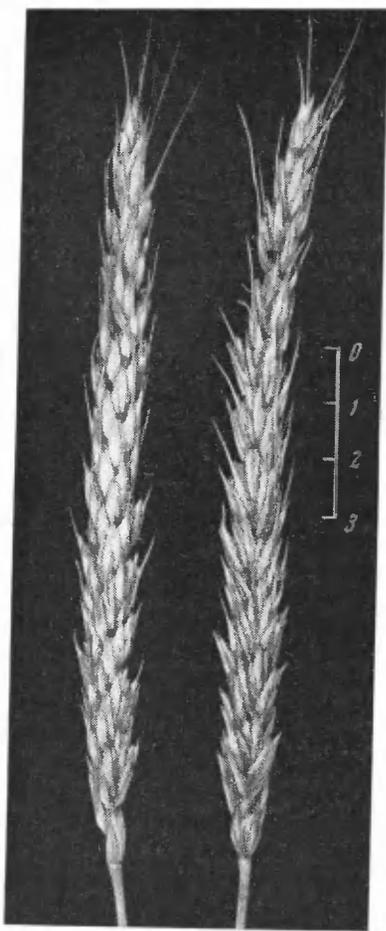


Рис. 5. Колосья озимого гибрида 184 от скрещивания АД72 и пшенично-пырейного гибрида 186

#### «НОВОРОЖДЕННОГО» НАДО ВОСПИТАТЬ

Прошли многие тысячелетия естественного и искусственного отбора, пока из примитивного материала не сформировались такие шедевры полиплоидии в селекции, как шведские или немецкие сорта озимой пшеницы. Задачей современной «полиплоидной» селекции является отыскание таких методов, которые дали бы возможность за короткие сроки пройти с новыми полиплоидами тот путь, на который нашим предкам, древним земледельцам и селекционерам, потребовались целые тысячелетия.

«Новорожденного» ребенка нужно было воспитывать. В первые годы нашей работы, в подражание нашим предкам, мы применили простой массовый отбор. Уже во

втором поколении у отдельных амфидиплоидов обнаружился совершенно новый и вредный в селекционном отношении признак — ломкость колосьев. Следует считать, что ни у одного из материнских сортов пшеницы, ни у отцовского сорта ржи этот признак не проявлялся. Самый характер обмола был различен — от прочных колосьев, после обмолота которых стержень колоса сохранялся в целости и был полностью обмолочен, до форм, сохранявших после обмолота колосковые чешуи прикрепленными к стержню колоса, и наконец появились амфидиплоиды, колос которых легко распадался на колоски, как у диких видов пшеницы.

Исследования показали, что форма зерна, его крупность и выполненность находятся в полной зависимости от материнского сорта пшеницы, установлена также значительная связь выполненности эндосперма зерна с фертильностью амфидиплоидов. Амфидиплоиды с повышенной озерненностью колоса обычно

имели и более выполненное зерно.

Имея в своем распоряжении значительное количество комбинаций для проведения отборов, мы остановились только на отдельных амфидиплоидах. Мы придавали большую роль изучению изменчивости признаков практического значения. Амфидиплоиды, как известно, трактуются как константные организмы; такими они оставались и у нас на протяжении последних 23 лет.

Однако при их пересевах нам удалось установить появление новых признаков, вообще не затрагивавших основной природы амфидиплоидов. Появлявшиеся сравнительно мелкие новые признаки в дальнейшем носили наследственный характер, почему мы их и относим к типу малых мутаций, описанных немецким генетиком Э. Бауром. Нам

удалось наблюдать такую мутационную изменчивость по ряду признаков, из которых мы назовем наиболее ценные: по длине вегетационного периода; по характеру куста (прямостоячий, развалистый, промежуточный); по обмолоту (легкий, трудный); по форме зерна и характеру его оболочки; по фертильности растений; по мощности растений и т. д.

Мы установили, что если накопление фертильности проходило хотя и медленно, но вполне определено, то хуже обстояло дело с зерном, например, в одном из лучших амфидиплоиде 20, преобладало морщенное зерно, с грубой оболочкой и изъятым эндоспермом. В таком положении дело оставалось до 1950 г., когда встал вопрос об использовании в растениеводстве микроэлементов и, в частности, бора.

#### НОВЫЕ РЕШЕНИЯ, НОВЫЕ ИДЕИ

Советские исследователи (М. Я. Школьников, Е. В. Бобко, В. В. Церлинг и др.) доказали связь бора с углеводным питанием растений. При наличии бора лучше проходит синтез сахаров и повышается их приток к органам плодоношения. Бор необходим растениям в момент дифференциации пыльцы, в момент выделения генеративных клеток в пыльцевых зернах, в момент оплодотворения и последующего развития зародыша, эндосперма и формирования семян.

В результате внекорневого питания бором, уже после одного года, путем отбора из амфидиплоида АД 20/1 мы выделили элитные растения со средним числом зерен в колосе 39,4. До применения бора средняя озерненность этого амфидиплоида колебалась, составляя около 17 зерен. Одновременно происходило и улучшение качества зерна.

Потомство АД20/1, хотя и показало в полевых испытаниях довольно высокую урожайность, но все же уступало стандарту Московке в среднем до 15%, что, конечно, было нашей явной неудачей. Однако мы продолжали изучение АД20/1; его растения, выросшие из семян урожая 1957 г., в цитологическом отношении были изучены проф. Б. А. Вакаром и показали наличие правильного мейоза.

Далее, изучение мукомольно-хлебопекарных качеств АД20/1 показало, что его зерно по своей консистенции резко отличается от

зерна ржи и близко к пшенице, его эндосперм тверд и хрупок, пшеничного типа. Размалывается труднее, чем зерно стандарта, Московки. Мука полурассыпчатая, белая. Содержание клейковины, основы хлебопечения, было на 7% больше, чем у стандарта — Московки.

В хлебопекарном отношении амфидиплоид ведет себя, как пшеница. Хлеб черствеет медленно и в этом отношении напоминает твердую пшеницу. По объему хлеб приближается к лучшему сорту нечерноземной полосы, Московке.

Между тем у нас уже зрело новое решение селекционного использования полиплоидии. Первый химический анализ зерна АД20/1 показал, какие практические изменения по сравнению с исходными родами произошли в амфидиплоидах в биохимическом отношении.

Таблица 1

Состав зерна АД20 и его родительских форм (урожай 1945 г. в % на сухое вещество)

Культура	Белок	Сахара	Крах-мал	Зола
Яровая пшеница	12,37	2,18	64,8	1,910
Яровая рожь	10,48	5,74	62,3	2,052
АД20	16,26	2,38	59,5	2,409

Зерно АД20 имело белка больше на 31% по сравнению с пшеницей, а тем более — с рожью. В зерне АД был обнаружен, кроме того, трифруктозан, углеводов, специфичный только для ржи. Содержание его в зерне АД20 составляло 0,20%, у ржи — 4,40%, а у пшеницы оказались только его следы.

Совершенно неожиданный факт высокой белковости зерна пшенично-ржаных амфидиплоидов, в особенности в условиях влажной северной зоны, потребовал основательного изучения.

По данным за 10 лет (1950—1959 гг.), пшеница Московка, в среднем, имела белка в зерне 13,51, а амфидиплоид 20—18,41%. Превышение количества белка амфидиплоида над пшеницей равнялось 4,9%. В отдельные годы (в 1952 г.) эта разница поднималась даже до 7,72%.

Этот факт заставил нас по-иному расценивать наши не вполне удачные результаты по «воспитанию» нового юного вида пшеницы на высокую зерновую продуктивность. Оказалось, что наши амфидиплоиды, будучи

четвертым 56-хромосомным видом пшеницы, представляют совершенно новые растения с новой формой обмена веществ, что и обусловило их высокую белковость.

Отсюда возникла идея: поскольку наши яровые амфидиплоиды оказались недостаточными урожайными, было очень заманчиво их признак высокой белковости перенести непосредственно в урожайные сорта пшеницы путем скрещивания.

В первых скрещиваниях материнским растением у нас был амфидиплоид АД20/1, в качестве отцовского растения была взята пшеница Московка. Методика обработки гибридного материала заключалась в пересеве в виде популяции.

Индивидуальный отбор был начат с третьего поколения. Как и надо было ожидать, в гибридной популяции шло расщепление по двум основным признакам — по урожайности и по проценту белка в зерне выделенных семей.

Первоначальный отбор был проведен среди семей по урожайности, а затем среди семей, близких по урожайности к пшеничному стандарту, был проведен отбор по белковости их зерна. В результате из этого скрещивания выделились две семьи — 21h19 и 69h19, удовлетворявшие обоим требованиям. Приводим средние данные по урожайности этих семей и по проценту белка в их зерне (табл. 2).

Таблица 2

Сорта	Урожай (в ц/га)	Белок зерна (в %)
Стандарт пшеницы	24,7	14,6
Семья 21 h 19	24,0	16,3
Семья 62 h 19	24,3	17,1

Обе семьи по урожайности оказались равными стандарту, а по содержанию белка значительно его превзошли. Семья 21h19 превысила стандарт на 1,7, а семья 62h19 — на 2,5%. Таким образом, обе семьи, несмотря на условия влажной нечерноземной полосы, дали процент белка, характерный для пшениц засушливого Поволжья.

Следует также отметить, что обе семьи, кроме того, оказались пшеницами «сильными», способными улучшать сорт с низкими хлебопекарными качествами, о чем свидетельствует, например, «сила» муки (W) гибрида 21h19, равная 446 эргам, и гибрида 69h19, равная 397 эргам.

Естественно, встает вопрос, каким путем был осуществлен перенос признака высокой белковости амфидиплоида в его гибриды с мягкой пшеницей, тем более, что в результате в гибридах сохранились только пшеничные хромосомы. Мы считаем, что разрешение этой загадки заключается в нехромосомной наследственности, а признак высокой белковости, вероятно, передается в гибридное потомство на основе цитоплазматической наследственности, через протоплазму. Дело в том, что за материнское растение был взят амфидиплоид, хромосомы пшеницы оказались в плазме амфидиплоида, а затем и в плазме гибридного потомства.

У нас сохранились результаты опытов по пересадке зародыша яровой пшеницы *lutescens* 62 на эндосперм яровой ржи.

Таблица 3

Сорта	Белок (%)	Сахара (%)	Крахмал (%)	Зола (%)
<i>Lutescens</i> 62 контроль	13,88	3,812	60,56	2,232
<i>Lutescens</i> привитая	16,02	4,191	55,22	2,446

Анализ зерна пшениц, выросших на эндосперме ржи, показал, какое сильное влияние имел эндосперм на химизм зародыша и развившегося из него растения пшеницы, зерно которой оказалось на 2,14% богаче белком, чем зерно контрольного растения.

Этот опыт и аналогичные ему показывают, что и при скрещивании амфидиплоидов с пшеницей, несмотря на элиминацию (удаление) ржаных хромосом, повышенная белковость амфидиплоидов передается в их гибриды посредством цитоплазмы.

Так, на основе полиплоидии был разрешен вопрос о селекции урожайных, высокобелковых и сильных сортов яровой мягкой пшеницы для влажных районов нашей страны.

### СЕМЬЯ ОЗИМЫХ

Кроме яровых амфидиплоидов еще в 1945 г. в нашей лаборатории были получены также и озимые формы.

Изучение работ опытных станций Сибири и Дальнего Востока, а также и сорто-испытательных участков, привело нас к убеждению, что в видовом потенциале мягкой пшеницы не существует сортов, которые могли бы разрешить сложную проблему озимой пшеницы на востоке нашей страны. И мы

пришли к убеждению, что без привлечения в селекцию озимой пшеницы на основе полиплоидии другой культуры — озимой ржи — дело продвигаться вперед не сможет. Поэтому мы обратили особое внимание на подыскание экотипов и сортов ржи, которые отличались бы максимальной морозостойкостью.

Интересно, что обе озимые культуры относятся к двум ботаническим родам, пшенице — *Triticum* — и ржи — *Secale* — и ведут свое происхождение из одного и того же крупного географического района — Передней Азии, охватывающего наше Закавказье, Иран, современную Турцию, Палестину, Иорданию, Сирию и Ирак. Однако эволюция обоих родов в условиях культуры дала значительные расхождения. В то время как озимая пшеница, культура самоопыляющаяся, за тысячелетия продвижения на север смогла выделить только сорта, пригодные для западных и центральных районов европейской части нашей страны, озимая рожь за короткий срок (три столетия) продвинулась на севере до Якутии и на востоке до Тихого океана, выделив сорта исключительной морозостойкости. Среди них мы особо выделили Житкинскую рожь, ведущую свое происхождение из Забайкалья, где для естественного отбора имелись особенно подходящие условия — почти бесснежные зимы, с морозами в 40°С и ниже.

Так определился родительский сорт ржи будущего амфидиплоида; в качестве второго родителя мы остановились на местной пшенице из бывшей Вятской губернии. В этом скрещивании материнским растением была озимая пшеница, а отцовским — Житкинская рожь. Появился амфидиплоид АД72. Он был позднее скрещен вновь с забайкальской рожью и с яровой АД20/1. Образовалась целая семья озимых АД, разной степени холодостойкости. До сих пор наиболее морозостойким является АД72, по своей устойчивости приближающийся ко ржи Житкинской.

Как и яровые, озимые АД отличаются высоким содержанием белка в зерне (табл. 4).

Наши попытки проверить холодостойкость АД72 на Тулунской, Барнаульской и Шортандинской станциях дали не вполне ясные результаты. И только начатые нами с осени 1962 г. рекогносцировочные посевы на 42 опорных точках, от Волги и до Хабаров-



Рис. 6. Озимая пшеница Алабасская под Иркутском, 1964, среди лесных полос

ского края, дали первые обнадеживающие данные.

Были и еще до сих пор повторяются неполадки со сроками посева. Селекционеры Сибири никак не могут усвоить, что в условиях холодной сибирской зимы амфидиплоиды и их гибриды с озимыми пшеницами развиваются медленнее ржи. Рожь, посеянная в двадцатых числах августа, к зиме успевает раскуститься и готова к перезимовке, а амфидиплоиды или пшеница, развивающаяся медленнее ржи, уходят в зиму нераскустившись и вымерзают. Так вымерзла наша коллекция на Тулунской селекционной станции (в Иркутской области) и на Бурятской станции.

В следующем, 1963 г., на обеих станциях посев был проведен в более ранние сроки и коллекции благополучно перезимовали. Посев 1963 г. был проведен уже на двойном числе опорных точек, а посев 1964 г. на 50.

Особый интерес представляет перезимовка АД72 в Хабаровском крае, для которого уже в 1951 г. Государственная комис-

Таблица 4

Сорта	1959	1960	1961	Среднее
Стандарт, пш. пыр.				
гибрид 186	13,7%	15,4%	12,0%	13,5%
АД72	16,3%	21,0%	19,4%	18,9%
АД34	17,7%	21,2%	20,1%	19,7%
АД120	17,6%	19,2%	18,0%	18,3%

сия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур отказалась от поисков сортов пшеницы, способных здесь зимовать. Между тем, в зиму 1963-1964 гг. процент перезимовки АД72 достигал здесь 84; отцовский сорт этого амфидиплоида, роль Житкинская, перезимовал на 85%. Бывшие в этом опыте контрольные сорта, пшеница Алабасская. Ульяновка, ржано-пшеничный гибрид 46/131 и Киз 7020 вымерзли полностью.

Уже в первую зиму 1962-1963 гг. наши амфидиплоиды удачно зимовали под Иркутском на базе Восточно-Сибирского биологического института Сибирского отделения Академии наук СССР.

Зима 1963-1964 гг. принесла данные не только по перезимовке амфидиплоидов и их гибридов с пшеницей, но также и урожайные данные по отдельным точкам. Так, на Тулунской станции лучше других АД перезимовал АД72 (70%) и дал урожай 393 г на 1 м<sup>2</sup>, что по расчету на 1 га равняется 39,3 ц. В Алтайском институте сельского хозяйства на второй год опытов зимовка была вполне благополучна, и ее процент колебался от 94,4 до 100. Урожаи были с 1 м<sup>2</sup> по АД120—400 г, АД34—300 г, АД72—233 г, т. е. достаточно высокие.

В Целинном крае, в Институте зернового хозяйства (Шортанды), при «средней зиме» 1963-1964 гг. процент перезимовки колебался от 17 до 86. Максимальный урожай в 1964 г. здесь дал гибрид 184, полученный от скрещивания АД72 с пшенично-пырейным гибридом 186; он зимовал на 84%, а урожай с 1 м<sup>2</sup> равнялся 227,5 г, что составило по отношению к стандарту, пшенице Бабаевке, 115,5%. Таким образом, гибрид 184 «захватил» от материнского амфидиплоида высокую холодостойкость, а от отцовской формы — высокий урожай зерна.

Здесь наблюдалась картина, аналогичная переносу признака высокой белковости от яровых амфидиплоидов в их гибриды с мягкой пшеницы. Эта передача признака холодостойкости в гибриды, вероятно, также осуществлена на основе цитоплазматической наследственности как и в случае с белком зерна.

Таким образом, в настоящее время в испытании на востоке находятся две группы полиплоидных форм, во-первых, «чистые амфидиплоиды», морозостойкость которых близка к морозостойкости забайкальских сортов ржи. п. во-вторых, гибриды амфидиплоидов с более зимостойкими сортами пшеницы. Первая группа представляет практический интерес для районов суровых зим — северной полосы Средней и Восточной Сибири и малоснежных — Забайкалья, Амурской области Хабаровского края. Вторая группа будет иметь успех в Западной Сибири и в районах на запад, вплоть до Волги.

Наша система борьбы за озимую пшеницу в Сибири заключается в том, что мы посылаем на места не готовые селекционные сорта, а лишь материал для отборов, гибридные популяции, которые и должны служить селекционеру исходным материалом. Мы не исключаем в борьбе за озимую пшеницу в Сибири также и применения различных приемов агротехнического порядка, как, например, посев в защищенных местах или различные приемы снегозадержания.

Дело в том, что во время наших работ в Восточной Сибири, когда зимы были значительно суровее современных, посевы озимой пшеницы прекрасно сохранялись под снежным покровом. Но когда снег сходил рано, озимая пшеница, уже ослабленная долгой зимой, под влиянием весенних морозов часто погибала полностью. При более позднем сходе снега пшеница в разной степени сохранялась.

Необходимо поэтому отметить практически ценные работы проф. А. И. Кузнецовой (Иркутский сельскохозяйственный институт), которая, под защитой лесных полос или кулис, под Иркутском получает урожай пшеницы Алабасской около 30 ц с 1 га. Такие удачные опыты ведут также сортоучастки Красноярского края. Таким образом, использование полиплоидных сортов пшеницы, в сочетании с высокой агротехникой, уже в ближайшие годы может успешно разрешить вопрос продвижения озимой пшеницы к востоку от Волги.

УДК 631.52

*Подписная цена на журнал «Природа» с января 1966 года  
снижена с 8 руб. 40 коп. до 6 руб. на год*

# МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ ПАМЯТИ

*Э. Т. Головань, А. Н. Лук, В. С. Старинец*

*Институт кибернетики АН УССР (Киев)*

Мозг человека хранит огромный объем накопленных сведений. Разные авторы, правда, оценивают его по-разному. Минимальная оценка:  $1,5 \times 10^6$  единиц информации (битов). Эта цифра получается, если принять, что в памяти человека хранится 1000 объектов, эквивалентных таблице умножения (информационная ёмкость таблицы умножения — 1500 битов). Максимальная цифра, которую приводят для оценки объема памяти человека —  $10^{23}$  битов. Это число получают, исходя из количества молекул белка в одной нервной клетке и количества нервных клеток в коре мозга.  $10^{23}$  битов — это больше, чем информационная ёмкость всех фондов библиотеки им. В. И. Ленина.

Как видим, в оценке объема человеческой памяти нет полного единодушия, но почти все исследователи сходятся на том, что объем памяти человека значительно больше, чем объем «оперативной» памяти современных вычислительных машин. Между тем, человек, как правило, может непосредственно и произвольно «обращаться» почти к любому запечатленному материалу. Зачастую мы даже видим, что чем больше сведений хранится в памяти, тем выше вероятность извлечения, т. е. припоминания нужной информации.

На пути изучения процессов воспроизведения информации человеком стоят немалые трудности. Но успехи в этом направлении дали бы в руки инженеров и программистов материал, который нашел бы применение для разработки технических систем хранения информации.

Изучение памяти по-прежнему остается задачей нейрофизиологии и психологии, но исследователей начинают интересовать также черты функционирования памяти, ко-

торые ранее казались несущественными. Возникают вопросы, которые не могли возникнуть у психолога в «докибернетическую» эпоху. Так, даже классический ассоциативный эксперимент приобретает новые формы и модификации. Однако наряду с экспериментальным изучением памяти весьма полезно пересмотреть данные литературы, заново систематизировать их, преломив сквозь призму новых потребностей, новых приложений и новых идей, выделить те свойства, которые представляют первостепенный интерес для инженеров. Ведь во всех технических системах, предназначенных для обработки большого объема информации, неизбежно возникает проблема хранения информации, или проблема «памяти».

Обычно к машинной памяти предъявляются, в числе прочих, такие требования: она должна обладать значительной информационной ёмкостью; время извлечения информации из хранилища (время воспроизведения) должно быть минимальным.

На первый взгляд кажется, что эти требования несовместимы. В самом деле, последовательный метод поиска, при котором происходит «перебор» всей информации, пока не будут найдены нужные сведения, характеризуется тем, что время поиска увеличивается пропорционально объему запечатленной информации. Поэтому такой метод поиска невыгоден: он служит сдерживающим фактором, ограничивая увеличение информационной ёмкости запоминающих устройств.

Для преодоления этого противоречия необходимо иметь специальную «систему обращения к памяти», которая позволила бы быстро и безошибочно находить нужную информацию — по признаку, по адресу

и т. д., а не путем случайного поиска. Причем эта система не должна быть чем-то внешним по отношению к системе хранения, а должна быть ее органической составной частью.

Создание систем обращения к памяти открывает широкий простор изобретательности инженеров и программистов, причем для создания достаточно эффективных систем совсем не обязательно знать, каким образом поиск информации осуществляется в мозгу. Иными словами, подход к проблеме может быть и чисто инженерным, а не бионическим. Однако и бионический путь исследований не только не исключается, но, напротив, может оказаться весьма перспективным. Прежде всего нужно выяснить те физиологические условия, которые обеспечивают человеку произвольную выборку из его памяти необходимых сведений. Несомненно нужно обратить особое внимание на следующие моменты: роль ассоциаций, в частности, «цены» ассоциаций, их структуры и иерархической организации; значение логических преобразований, которые реализуются в ассоциативной памяти (т. е. связь логической памяти с мыслительными операциями); роль кодирования информации; значение «оси времени» в организации массива памяти, позволяющей устанавливать отношения предшествования, одновременности и последования; роль обратной связи в процессе воспроизведения информации.

Рассмотрим некоторые из этих моментов.

#### «ЦЕНА» АССОЦИАТИВНЫХ СВЯЗЕЙ

Ассоциация, или связь образов и понятий, — это та конкретная форма, в которой они хранятся в памяти. Связи могут иметь различную прочность («цену»), которая обуславливает большую или меньшую вероятность воспроизведения («готовность»). Цена связи не остается постоянной, она меняется как функция времени и зависит от частоты совпадения двух элементов (слов), от характера деятельности в предшествующие моменты, от накопления нового опыта, в том числе эмоционального. Различные эмоциональные переживания меняют «цену» связей, облегчая воспроизведение одних сведений и тормозя или вовсе блокируя воспроизведение других.

Таким образом, «цена» ассоциативной связи зависит от времени, частоты совпадения, эмоциональных признаков, мотивов и интереса.

*Иерархия организации.* Гипотеза «этажной» организации психических функций уже не раз излагалась в литературе (Н. М. Амосов, Н. А. Бернштейн, Дж. Миллер и др.). В чем заключается принцип этажности или иерархии?

Иерархия (от греческого *ἱεραρχία*) — это деление на высшие и низшие должности и чины, порядок подчинения низших высшим (иерархическое дерево). Чтобы было яснее, каким образом формируется иерархия понятий, приведем самый простой пример. Такие понятия, как стол, диван, стул, шкаф, имеют общие признаки или свойства, которые позволяют объединить их в одно более абстрактное понятие — мебель. Тарелка, чашка, чайник, ложка — также имеют ряд общих признаков, которые позволяют объединить их в одно понятие — посуда. Мебель и посуда также имеют общие признаки, и их можно объединить в еще более абстрактное понятие — материальные ценности.

Каждый элемент в памяти связан с целой группой других элементов, обладающих общими признаками. Эта группа может быть обозначена словом (понятие или «образ»), выражающим общность признаков. В свою очередь эти понятия также могут объединяться по общности признаков. В результате возникает иерархическая (этажная) организация ассоциаций, обеспечивающая гибкость и быстродействие человеческой памяти.

Формирование различных этажей — это, по сути, различные степени абстракции (отвлечения). Отношения элементов на каждом последующем этаже все более усложняются. Существенный интерес представляют взаимоотношения между более высоким и более низким уровнями. С одной стороны, более высокий уровень формируется на базе низшего с помощью набора мыслительных (логических) операций. С другой стороны, более высокий уровень корректирует связи предшествующих уровней.

*Ось времени.* Данные о временной развертке событий в памяти человека чрезвычайно скудны. Предложенные схемы основаны лишь на более или менее правдоподобных гипотезах.

Как правило, часть событий в памяти человека четко локализуется во времени. Это те события, которые имеют разветвленную сеть ассоциаций и являются главными вехами жизненного пути — например, школьные годы, военная служба, переезд в другой город и т. д.

Последовательность этих событий служит стержнем, «временной осью», к которой приурочиваются («привязываются») все прочие события, и таким путем устанавливается их абсолютная и относительная давность. Именно таким способом определяли временную локализацию событий герои шуточного рассказа А. П. Чехова «Живая хронология».

Более детальная локализация во времени устанавливается на основе причинноследственной связи событий, при помощи логических умозаключений, исключающих одновременность каких-либо событий или устанавливающих между ними определенный интервал времени. Если эти логические операции проходят на подсознательном уровне, то они создают ощущения давности, которая субъективно воспринимается как некое «чувство времени». На самом деле чувство времени связано, по-видимому, с ассоциативной структурой памяти и реализацией в ней обычных логических операций.

Изложенная гипотеза относится к длительной памяти. Вполне вероятно, что в кратковременной памяти развитие событий происходит по-иному, поскольку механизмы кратковременной и длительной памяти — различны.

#### СТРУКТУРА АССОЦИАТИВНОЙ ПАМЯТИ И ЕЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Память человека — это не просто хранение информации, но непременно упорядоченное хранение. Основой упорядочения является ассоциация. Мы не станем сейчас приводить общепринятые классификации ассоциаций. Укажем лишь на ряд их свойств, которые удалось выявить в ассоциативных экспериментах, проведенных в отделе биокибернетики Института кибернетики АН УССР.

Каждое слово, хранящееся в памяти, имеет конечное число непосредственных, прямых ассоциативных связей, вероятность воспроизведения которых выше всех прочих. Например, яблоко — груша, яблоко — фрукты, яблоко — вкусно и т. д., или стакан — вода, стакан — стеклянный, стакан — вино и т. д. Опыты показали, что число таких прямых ассоциативных связей одного слова весьма ограничено и не превышает девяти — десяти в каждый данный момент.

Казалось бы, это число может быть и больше, ибо оно возрастает по мере накопления опыта. Но когда «цена» какой-либо цепочки ассоциаций возрастает и цепочка превра-

щается в прямую, непосредственную ассоциацию, то при этом снижается относительная цена других ассоциаций, не подкрепляемых, и общее число прямых ассоциаций остается в указанных пределах.

Ограниченность числа непосредственных ассоциативных связей есть существенно важное свойство памяти, и оно должно быть учтено при моделировании.

Другая особенность ассоциативной памяти также была обнаружена в экспериментах. Заключается она в том, что между двумя любыми словами (понятиями), хранящимися в памяти, может быть установлена ассоциативная связь (не прямая) при помощи конечного и притом весьма малого числа ассоциативных шагов-переходов. Каждый из этих шагов представляет собою прямую ассоциативную связь.

Возьмем, например, такие далекие понятия, как «диван» и «машиностроение». Между ними можно установить связь при помощи такой ассоциативной цепочки:

диван — мебель,  
мебель — мебельный,  
мебельная — фабрика,  
фабрика — завод,  
завод — машиностроительный,  
машиностроительный — машиностроение.

В данном случае понадобилось шесть ассоциативных шагов-переходов, каждый из которых представляет собою прямую ассоциацию. Всего проделано несколько сот экспериментов со случайно взятыми парами слов. Иногда бывает достаточно трех шагов, чаще всего четырех-пяти, изредка — шести шагов-переходов.

Выделенные нами два свойства ассоциативного процесса — ограниченность числа прямых ассоциативных связей каждого слова и конечное (притом малое) число шагов-переходов между любыми двумя словами — явились исходным пунктом, отправной точкой для создания модели памяти.

Возможность «пройти» от любого слова к любому другому за конечное и притом, небольшое число шагов — это одна из предпосылок быстрейшего действия человеческой памяти. Очевидно, что перспектива реализовать эту особенность в модели представляется весьма заманчивой.

Тот факт, что быстрый (пяти-шестишаговый) переход между любыми двумя словами сочетается с ограниченным числом связей каждого отдельного слова, выдвигает следующую задачу в качестве одной из узловых:

какова должна быть структура сети, каков должен быть порядок соединения элементов, чтобы сеть обладала указанными двумя свойствами?

Иными словами, какова должна быть структура связи между элементами, чтобы увеличение числа элементов не приводило к возрастанию числа шагов между двумя любыми элементами? При этом число связей одного элемента должно оставаться постоянным.

Задача эта очень сложная, и решение ее в общем виде связано с большими трудностями, но ее, однако, можно несколько упростить. Требование сохранить постоянное число переходов между двумя любыми элементами должно выполняться не при бесконечном увеличении числа элементов, а лишь в определенном диапазоне (достаточно большом). Такой упрощенный вариант задачи не должен вызвать возражений психологов, так как упрощение касается здесь математической стороны вопроса, а не психологических феноменов, которые моделируются.

На рис. 1 показана структура ассоциативной сети, полученная при решении задачи. Легко увидеть, что все элементы (точки) схемы делятся на две группы:

1. Концевые (тупиковые) элементы — имеют непосредственную связь лишь с одним элементом.
2. Узлы — элементы, имеющие связь с несколькими другими элементами (на нашей схеме — с пятью).

Отрезок, соединяющий два смежных элемента, называется ребром и служит схематическим изображением прямой ассоциативной связи. Нетрудно убедиться, что из лю-

бой точки сети можно попасть («пройти») в любую другую точку не более, чем за шесть шагов.

Изображенная на рисунке структура называется ассоциативной сетью. Так называемые концевые (тупиковые) точки — это схематическое изображение слов, имеющих лишь одну ассоциативную связь (т. е. новых, только что воспринятых слов). По мере наращивания сети они включаются в новые связи, новые ассоциации, и перестают быть концевыми.

Ответвления сети не одинаковы по размерам. Самые короткие — те, которые ближе всего к концевым точкам оси  $A_1$  и  $A_7$ . Чем дальше от точек  $A_1$  и  $A_7$ , тем большими становятся ветви. Самая длинная ветвь отходит от точки  $A_4$ . Точка  $A_4$  называется центральным узлом сети. В узле располагаются наиболее абстрактные слова сети, т. е. самые обобщенные элементы.

Ветви, отходящие от  $A_2$  и  $A_6$ , — следующий этаж в иерархической структуре памяти. В этих ветвях происходит развёртка самых абстрактных элементов на менее обобщённые. Ветви, отходящие от  $A_2$  и  $A_6$ , направлены к еще менее абстрактным элементам, чем ветви  $A_3$  и  $A_5$ . Таким образом, вся ассоциативная сеть построена как бы из слоёв.

Структура, изображенная на рис. 1, моделирует иерархию понятий, повышение степени абстракции, связь одного абстрактного понятия с несколькими менее абстрактными. Но в этой структуре есть и существенные недостатки.

Рассмотрим такой случай. Имеется прямая ассоциативная связь элементов  $M$  и  $O$ , а также  $O$  и  $P$ . При достаточно частом активировании этих связей должна быть установлена прямая ассоциативная связь между  $M$  и  $P$ , как это бывает у человека. Но на нашей схеме такая связь установлена быть не может. Выходит, что моделирующая возможности сети ограничена, и она еще не является адекватной моделью ассоциативной памяти. Прежде всего ее нужно дополнить замкнутым (кольцевым) типом связей.

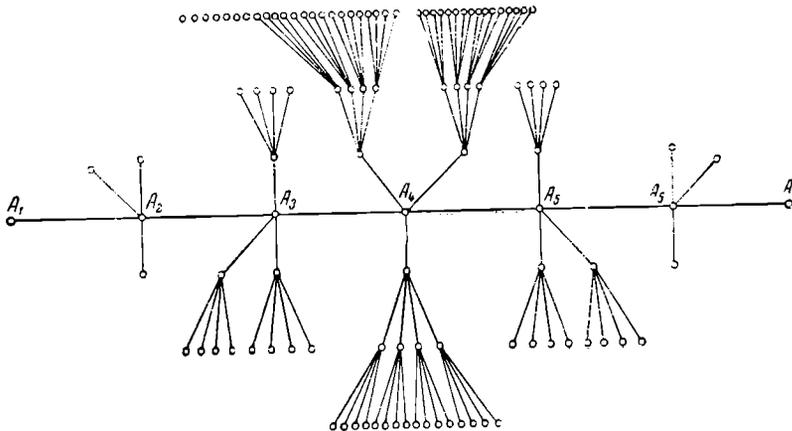


Рис. 1. Схема структуры ассоциативной сети

Решение некоторых вариантов задачи, когда к структуре предъявляются дополнительные требования, приводит к структурам с замкнутыми контурами (рис. 2).

### ТАБЛИЧНАЯ МОДЕЛЬ

Возможны и другие пути моделирования ассоциативной памяти. Например, иерархическую организацию ассоциативной памяти можно представить набором таблиц. Они располагаются на нескольких уровнях. Самый нижний называется первым, следующий уровень — вторым, затем идет третий и т. д. На каждом уровне есть три таблицы — одна основная и две вспомогательные (рис. 3).

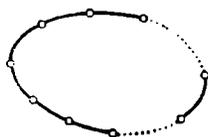


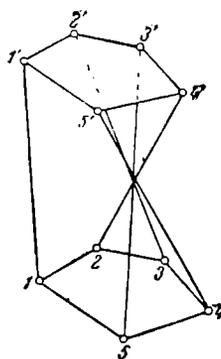
Рис. 2. Схема структуры ассоциативной сети с замкнутыми контурами

Первая основная таблица отражает ассоциативные связи между элементами (словами) ассоциативной сети. Если одно слово обозначает строку таблицы, а другое — столбец таблицы, то на пересечении строки и столбца ставится либо нуль, либо единица. Нуль означает отсутствие прямой ассоциативной связи двух слов. Если же слова, представленные строкой и столбцом, ассоциативно связаны непосредственной, прямой ассоциацией, то на пересечении строки и столбца ставится единица.

Таким образом, основная таблица отражает сам факт существования ассоциативной связи двух слов, но ничего не говорит о цене этой связи. Цена, как сказано выше, есть функция сложная, в частности, она зависит от меры совпадения слов и их эмоциональных признаков. Под совпадением слов понимается наличие общих элементов.

Поэтому вторая таблица первого уровня введена специально для того, чтобы учитывать меру совпадения слов. Таблица построена так же, как и первая, но на пересечении строк и столбцов стоят коэффициенты, которые и выражают меру совпадения слов. Коэффициентом может быть любое число от 0 до 1.

Связь слова с эмоциональным признаком отражена третьей таб-



лицей, где строки обозначают слова, а столбцы — множество эмоциональных оценок. Связь слова с данной эмоцией отмечается единицей, а отсутствие связи — нулем на пересечении соответствующих строк и столбцов.

На основе таблиц первого уровня (первого ранга) строятся таблицы следующего, второго уровня. Основой их построения служат меры совпадения, отмеченные во второй таблице первого ранга. Элементы (слова), мера совпадения которых превышает некоторую величину, объединяются в группы. Эти группы получают наименования (символы групп). Символ есть обозначение понятия второго ранга и служит для постро-

ения таблиц второго ранга.

Из символов строится таблица, по форме ничем не отличающаяся от таблицы первого уровня (ранга); каждый символ является наименованием строки или столбца таблицы второго уровня. Вспомогательные таблицы — мер совпадения и эмоциональных признаков — строятся по тому же принципу, что и соответствующие таблицы первого уровня.

Подобным же путем создаются следующие более высокие уровни — третий, четвертый и т. д.

Табличное устройство описанного типа можно рассматривать как модель ассоциативной памяти, способную также реализовать и некоторые логические функции (формирование понятий). При переходе с низшего уровня на более высокий происходит «свертывание» группы элементов в один «обобщен-

	A	B	C	D	E
A	1	1	0	1	0
B	0	1	1	0	0
C	0	1	1	0	1
D	1	1	0	1	1
E	1	0	1	0	1

а

	A	B	C	D	E
A	1	$K_{AA}$	$K_{AC}$	$K_{AD}$	$K_{AE}$
B	$K_{BA}$	1	$K_{BC}$	$K_{BD}$	$K_{BE}$
C	$K_{CA}$	$K_{CB}$	1	$K_{CD}$	$K_{CE}$
D	$K_{DA}$	$K_{DB}$	$K_{DC}$	1	$K_{DE}$
E	$K_{EA}$	$K_{EB}$	$K_{EC}$	$K_{ED}$	1

б

	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$
A	1	0	0	1	1
B	0	1	1	0	1
C	0	0	1	1	0
D	1	0	0	1	0
E	0	1	1	0	0

в

Рис. 3. Схемы табличной модели ассоциативной связи; 3а — связь между элементами (словами) ассоциативной сети, 3б — мера совпадения слов, 3в — связь слова с эмоциональным признаком

		Выходы				
		A	B	C	D	E
Входы	A	1	1	0	0	1
	B	0	1	1	0	0
	C	1	0	1	1	0
	D	0	1	0	1	1
	E	0	1	0	0	1

Рис. 4. Таблица однонаправленности ассоциаций

но слово-раздражитель «стакан», 16 дали слово-ответ «вода». Однако на слово-раздражитель «вода» ни один не ответил «стакан». Поэтому ассоциацию стакан — вода можно считать однонаправленной. В общем виде это запишется так:  $A \rightarrow B \nrightarrow B \rightarrow A$ .

В наших таблицах это обстоятельство учтено следующим образом (рис. 4). В матрице можно выделить вход и выход. Входом является столбец, а выходом строка. Строка B и столбец B обозначают связи элемента B со всеми другими элементами. Но в строке эти связи идут от B ко всем остальным элементам, а в столбце — от всех остальных элементов к B.

Обращение к модели определяется любым словом, обозначающим столбец или строку. По этому слову находим место пересечения, отмеченное максимальной ценой и получаем начальную ассоциативную пару.

Как известно, многократное воспроизведение события человеком приводит к закреплению этого события в памяти. Повторное воспроизведение как бы заменяет повторные восприятия. Подобно этому и в наших таблицах процесс воспроизведения ассоциативных пар приводит к изменению коэффициентов (меры совпадений), и в конце концов может привести к образованию новых и стиранию старых ассоциаций.

Образование новой связи — это переход не прямой ассоциативной связи в прямую:  $AB, BC \rightarrow AC$ . «Стирание» связей производится в том случае, если коэффициент совпадения становится ниже некоторой величины.

\* \* \*

Мы рассказали о двух подходах к моделированию функций памяти, причем дали лишь общее описание моделей. В действительности эти модели могут быть представ-

лены в виде программ для вычислительной машины. Их «проигрывание» позволяет выяснить, совпадают ли полученные результаты с представленными. При этом могут быть получены и неожиданные результаты, непредвиденные особенности их функционирования программ. Это послужит основой разработки психологических экспериментов для изучения свойств памяти человека.

В табличной модели отражено одно свойство ассоциаций, обнаруженное в эксперименте — однонаправленность. Так, из 20 испытуемых, кото-

рых было предъявлено слово-раздражитель «стакан», 16 дали слово-ответ «вода». Однако на слово-раздражитель «вода» ни один не ответил «стакан». Поэтому ассоциацию стакан — вода можно считать однонаправленной. В общем виде это запишется так:  $A \rightarrow B \nrightarrow B \rightarrow A$ .

В наших таблицах это обстоятельство учтено следующим образом (рис. 4). В матрице можно выделить вход и выход. Входом является столбец, а выходом строка. Строка B и столбец B обозначают связи элемента B со всеми другими элементами. Но в строке эти связи идут от B ко всем остальным элементам, а в столбце — от всех остальных элементов к B.

Обращение к модели определяется любым словом, обозначающим столбец или строку. По этому слову находим место пересечения, отмеченное максимальной ценой и получаем начальную ассоциативную пару. Как известно, многократное воспроизведение события человеком приводит к закреплению этого события в памяти. Повторное воспроизведение как бы заменяет повторные восприятия. Подобно этому и в наших таблицах процесс воспроизведения ассоциативных пар приводит к изменению коэффициентов (меры совпадений), и в конце концов может привести к образованию новых и стиранию старых ассоциаций. Образование новой связи — это переход не прямой ассоциативной связи в прямую:  $AB, BC \rightarrow AC$ . «Стирание» связей производится в том случае, если коэффициент совпадения становится ниже некоторой величины.

Современная нейрофизиология пока не может еще детально объяснить все психические процессы. Поэтому и возник такой путь — изучать живую действительность психики, а потом, анализируя ее, делать предположительные, основанные на догадках, выводы о механизмах, обуславливающих эти явления. Таким образом создаются эвристические (т. е. основанные на догадке) модели.

Следующий этап работы — верификация модели, проверка на электронно-вычислительной машине. Модель должна быть использована для объяснения не только тех феноменов, на которых она основана, но также и для объяснения других и для предсказания.

Быстродействие современных электронных машин позволяет производить проверку моделей достаточно быстро и отвергать непригодные.

УДК 61.142.1

# НОВЫЕ СТРУКТУРЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ

ОМОЛОЖЕНИЕ ПЛАТФОРМ И ОРУДЕНЕНИЕ

*В. И. Казанский*

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии  
АН СССР (Москва)*

**Разрушение платформ и древних складчатых областей \* Особый тип рудоносных площадей Восточной Азии \* Золото Алданского шита \* Мезозойский магматизм и полезные ископаемые Южного Китая**

Восточная Азия привлекает внимание геологов не только минеральными богатствами, но и своеобразием геологической истории. Она во многом отличается от истории развития европейских и американских территорий, изучение которых легло в основу теории о двух крупнейших элементах земной коры — об устойчивых платформах и подвижных геосинклиналях.

Платформы характеризуются спокойными колебательными движениями земной поверхности, в течение длительных периодов затопляемой мелководными морями. В них накапливаются небольшой мощности карбонатные и песчано-глинистые толщи, которые почти горизонтально залегают на древних гнейсах и гранитах фундамента и образуют платформенный чехол. Рельеф платформ равнинный, магматические процессы характеризуются главным образом, внедрениями и излияниями основных пород.

Геосинклиналь отличаются от платформ гораздо более напряженными тектоническими явлениями. Развитие их начинается с резкого и неравномерного погружения земной коры и накопления изменчивых по мощности и составу осадочных толщ, нередко с подводными лавовыми потоками. Затем эти отложения сминаются в складки, подвергаются метаморфизму, в них проникают многочисленными интрузии кислых и основных пород. Наконец, тектонические движения постепенно затухают и складчатая область превращается в платформу.

Однако в последние годы появляется все больше данных о том, что в природе совершается и обратный процесс — разруше-

ние платформ и древних складчатых областей, в результате чего создаются структурные элементы особого типа, так называемые активизированные (омоложенные) платформы. Этот процесс проявляется во многих районах мира, но ярче всего выражен в Центральной и Восточной Азии.

Известный русский геолог В. А. Обручев установил, что Центральная Азия после палеозойской складчатости длительное время находилась в состоянии тектонического покоя, а затем была охвачена мощным горообразованием. Сейчас мы знаем, что омоложение рельефа — один из характерных признаков активизированных областей.

Выделение третьего структурного элемента земной коры<sup>1</sup> важно не только для понимания ее истории (тектоническая активизация с конца палеозойской эры проявляется все более мощно), но и для выяснения закономерностей размещения полезных ископаемых.

Дело в том, что образование и пространственное распределение полезных ископаемых теснейшим образом связано с геологическим развитием территорий, причем платформы и геосинклинали характеризуются разными «наборами» месторождений

<sup>1</sup> Самостоятельное значение третьего структурного элемента земной коры было выявлено советским ученым Г. Ф. Мирчинком еще в 1940 г. В дальнейшем эта идея получила развитие в работах известных геологов В. В. Белоусова, В. М. Сидицына, Е. В. Павловского, Ю. М. Шейнманша и др. Обширные данные об активизации Китайской платформы содержатся в трудах китайских ученых.

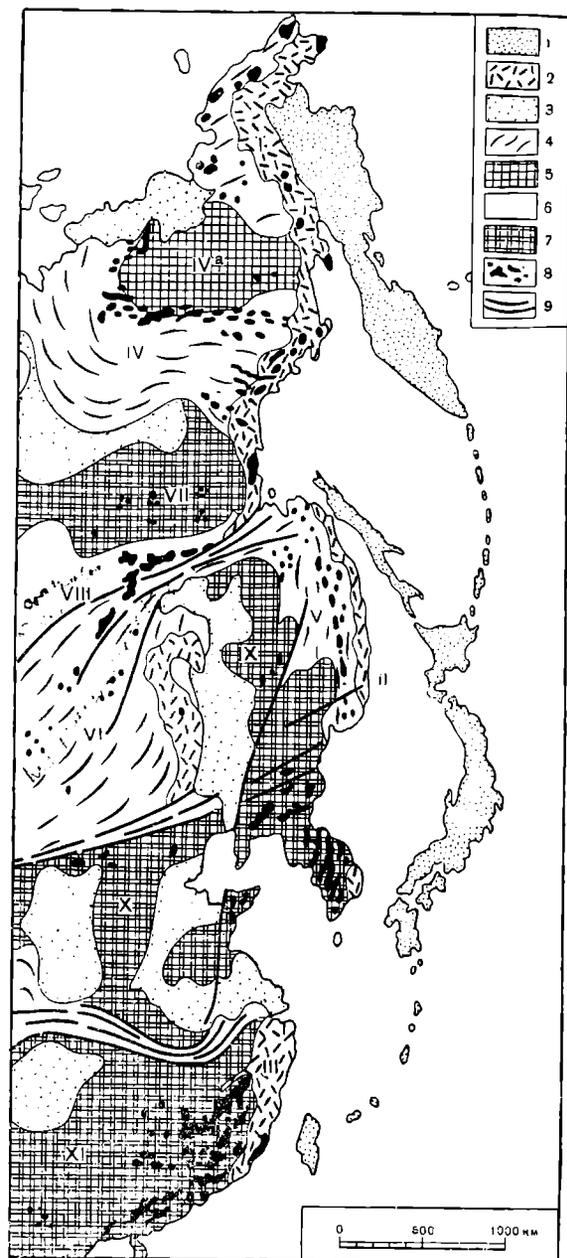


Рис. 1. Схема геологического строения Восточной Азии. Составлена на основе Тектонической карты СССР в масштабе 1 : 15 000 000 (1962) и Тектонической карты Китая в масштабе 1 : 4 000 000 (1962). Кайнозойские складчатые области (1), мезозойские вулканические пояса (2), мезокайнозойские впадины (3), мезозойские складчатые области (4), срединный массив в мезозойской складчатой области (5), протерозойская складчатая область (6), платформенные массивы (7), мезозойские интрузивы (8), зоны разломов (9). Основные структурные элементы материковой части Восточной Азии. Вулканические пояса: I — Охотско-Чукотский, II — Сихотэ-Алиньский, III — Фудзияво-Чжецзяньский. Мезозойские складчатые области: IV — Верхояно-Чукотская (IVa — Колымский срединный массив), V — Сихотэ-Алиньская, VI Монголо-Охотская, Восточная часть Сибирской платформы: VII — Алданский штт. VIII — протерозойская складчатая область Становика-Джугджура. Китайская платформа: IX — Северо-Восточно-, X — Северо- и XI — Южно-Китайский платформенные массивы

(Д. И. Щербаков, 1964.) В геосинклинальных областях широко распространены месторождения олова, вольфрама, молибдена, ртути, свинца, цинка, которые ассоциируются с гранитными интрузивами, а также месторождения хрома, платины, никеля, сопровождающие более ранние внедрения основных магматических расплавов. Они залегают или в самих интрузивах, или в осадочно-вулканогенных геосинклинальных отложениях, смятых в складки и рассеченных разломами. Для платформ свойственны медно-никелевые, некоторые железорудные, алмазные и другие месторождения глубинного происхождения, а также залежи каменного угля, нефти, россыпи титана, циркония, которые размещены в платформенном чехле.

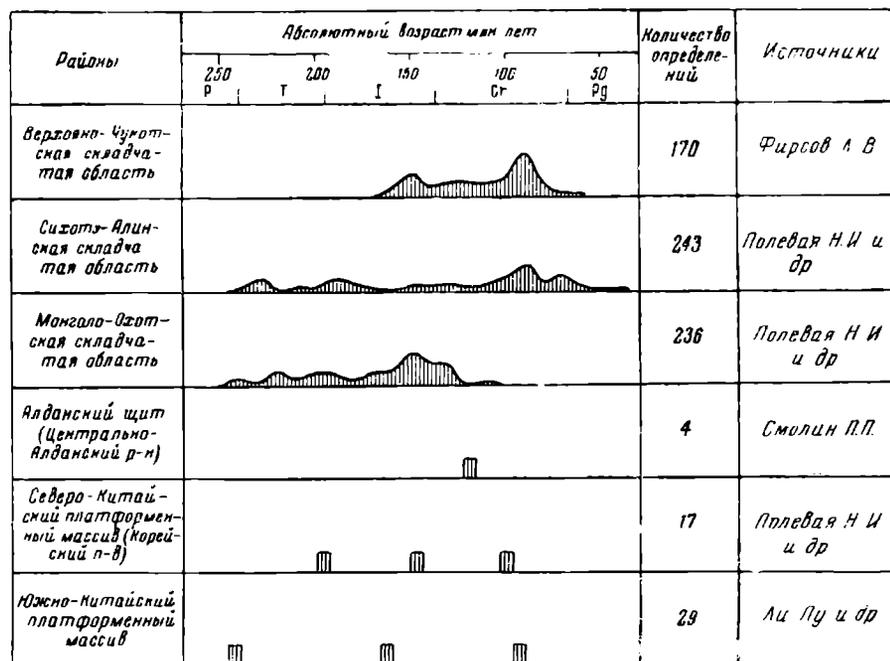
Активизированные платформы по сочетанию месторождений цветных и редких металлов ближе стоят к складчатым областям, но отличаются от них иным пространственным распределением оруденения, условиями залегания месторождений, а иногда и минеральным составом руд. Это позволило советскому геологу Е. А. Радкевич (1962 г.) выделить особый тип рудоносных площадей.

#### ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

В отличие от европейских территорий, где основное значение принадлежит палеозойской и альпийской складчатости, в восточных районах Азиатского материка широко выражены мощные тектонические процессы юрского мелового возраста. Они охватили не только мезозойские складчатые области, но и обширные пространства более древних сооружений. Еще более молодые тектонические движения проявились на Камчатке, Сахалине, Японских островах и Тайване, входящих в систему Восточно-Азиатских островных дуг. Это уже область кайнозойской складчатости, высокой сейсмичности и интенсивного современного вулканизма (рис. 1).

Для Восточно-Азиатских островных дуг характерны простые и четкие изгибы, обращенные выпуклой стороной к океанической впадине. Материковая часть Восточной Азии имеет более сложное строение, которое определяется сочетанием широтно и меридионально направленных складчатых поясов с разнородными платформенными массивами. Главными структурными элементами этой

Рис. 2. Абсолютный возраст мезозойских интрузивов Восточной Азии. Для мезозойских складчатых областей кривые изображают распределение результатов по интервалам 10 млн. лет в процентах к общему числу определенных. По остальным территориям, где количество анализов невелико, приведены средние значения абсолютного возраста для каждой возрастной группы



территории считаются Верхояно-Чукотская, Сихотэ-Алинская и Монголо-Охотская мезозойские складчатые области, а также активизированные в мезозое восточные окраины Сибирской и Китайской платформ<sup>1</sup>.

Исследования геологов показывают, что Сибирская платформа раньше распространялась на северо-восток гораздо дальше современной ее границы с мезозойской Верхояно-Чукотской складчатой областью. Геосинклинальное развитие Верхояно-Чукотской складчатой области началось в конце палеозоя и сопровождалось накоплением многокилометровых песчано-сланцевых толщ. Наиболее глубокое погружение испытывала внутренняя зона геосинклинали, примыкающая к Колымскому срединному массиву. Общая мощность палеозойских и мезозойских отложений достигает здесь 15—20 км. В течение юры — мела геосинклинальные отложения были смяты в складки и в них внедрились многочисленные интрузивы преимущественно кислого состава. В Сихотэ-Алинской складчатой области развиты такие же песчано-сланцевые толщ, перекрывающие раздробленный выступ Китайской платформы, и не менее широко распространены

мезозойские гранитоиды. Монголо-Охотская геосинклиналь образовалась на месте палеозойской складчатой области и ранний период погружения и осадконакопления является в ней не так отчетливо. В отличие от последней Сибирская и Китайская платформы в конце палеозоя — начале мезозоя находились в состоянии относительного покоя. Однако в конце триаса — начале юры геологическая обстановка на платформах резко изменилась, началась их тектоническая активизация: платформенный чехол вместе с более древними породами был рассечен разломами и местами смят в складки, в межгорных прогибах начали накапливаться осадочные, нередко угленосные толщ, а на огромных площадях произошли излияния лав и внедрения интрузивов. В большинстве случаев они также имеют кислый состав.

Наиболее интенсивно мезозойский магматизм проявился в Восточно-Азиатской вулканической цепи, которая протягивается на 8000 км от Чукотки до Юго-Восточного Китая. Она состоит из нескольких вулканических поясов (Охотско-Чукотского, Сихотэ-Алинского, Фуцзяньско-Чжецзянского) и пересекает то мезозойские складчатые области, то более жесткие массивы.

Площадь распространения мезозойских интрузивов имеет сложные очертания, кото-

<sup>1</sup> См. Геология и металлогения советского сектора Тихоокеанского рудного пояса, Изд-во АН СССР, 1963; Основы тектоники Китая, Госгеолтехиздат, 1962

рые в целом не совпадают с границами крупнейших тектонических элементов Восточной Азии. На территории Советского Союза огромные пояса гранитоидных массивов протягиваются в Верхояно-Чукотской и Сихотэ-Алинской мезозойских складчатых областях. Они проникают на тысячу километров внутрь материка вдоль активизированной в мезозое складчатой области Становика-Джугджура и распространяются на обширные пространства Монголо-Охотской геосинклинали.

На Китайской платформе мезозойские гранитоидные интрузивы обнаруживают пространственную связь с Восточно-Азиатской вулканической цепью и сосредоточены главным образом в Юго-Восточном Китае и на Корейском полуострове.

К настоящему времени опубликовано уже около тысячи определений абсолютного возраста мезозойских интрузивных пород Восточной Азии. Сопоставление этих определений (рис. 2) наглядно показывает, что внедрение интрузивов совершалось в несколько фаз. Наиболее четко выделяются две возрастные группы: юрская (150—160 млн. лет) и меловая (90—100 млн. лет). При этом каждый из крупных структурных элементов характеризуется особым сочетанием возрастных групп: в Монголо-Охотской складчатой области главное значение имеют верхне-юрские — нижнемеловые интрузивы, в Сихотэ-Алинской складчатой области — верхнемеловые, в южной части Китайской платформы — юрские и верхнемеловые и т. д.

Таким образом, при всем разнообразии структурных элементов восточной части Азиатского материка их объединяет мощное проявление мезозойского магматизма. Именно с ним связано образование главных минеральных богатств этих районов — месторождений олова, вольфрама, золота, ртути, сурьмы, свинца, цинка и других металлов, сопутствующих гранитоидным интрузивам, которые входят в Тихоокеанский рудный пояс, гигантским кольцом охватывающий океаническую впадину (С. С. Смирнов, 1964 г.).

По общему списку металлов, образующих промышленные концентрации руд, мезозойские складчатые области практически не отличаются от активизированных платформ. Это и понятно, ибо и там, и здесь преобладающим развитием пользуются мезозойские интрузивы кислого состава. Но в мезозойских складчатых областях цепи гранитоидных интрузивов в основном наследуют

направление складок геосинклинальных отложений, и месторождения цветных и редких металлов соответственно группируются в рудные зоны и пояса длиной в сотни и тысячи километров. На активизированных же платформах внедрение интрузивов определяется «решеткой» разломов нескольких направлений, пересекающих складки платформенного чехла и очертания рудоносных областей обычно овальные, а расположение месторождений — кучное, групповое.

При переходе от мезозойских складчатых областей к активизированным платформам изменяется и та геологическая обстановка, в которой отлагаются руды. При этом платформенные массивы имеют неодинаковое строение и по-разному реагируют на тектонические движения мезозойского времени. В результате устанавливается определенная связь между условиями залегания месторождений и предшествующей геологической историей активизированных структурных элементов. Эту связь мы проследим на примере некоторых месторождений Алданского щита и Южного Китая.

#### АЛДАНСКИЙ ЩИТ

Фундамент Алданского щита сложен древнейшими горными породами земной коры — архейскими гнейсами и кристаллическими сланцами. Около 2 млрд. лет тому назад они были смяты в крупные складки, пронизаны гранитами и превращены в единую жесткую глыбу, которая на все последующие тектонические движения реагировала мозаично-блоковыми перемещениями фундамента и перекрывавшего его платформенного чехла.

В нижней части разреза этого чехла на восточных и западных окраинах щита залегают конгломераты, песчаники и сланцы с абсолютным возрастом 1500 млн. лет. Выше они сменяются синийскими карбонатно-песчано-сланцевыми отложениями, на которых без перерыва в осадконакоплениях залегают кембрийские карбонатные породы. Последние характеризуются удивительной выдержанностью горизонтов доломитов, известняков и мергелей, почти не метаморфизованы и на большей части щита залегают почти горизонтально. Их мощность — 500—800 м. В центральных районах Алданского щита нижнекембрийские доломиты лежат прямо на архейских гнейсах и гранитах и отделены от них лишь тонким прерывистым горизон-



Рис. 3. В береговых обрывах р. Алдан на архейских гнейсах и гранитах почти горизонтально залегают кембрийские доломиты, перекрывающие архейские гнейсы и граниты

том песчаников и доломитов (рис. 3). Все это свидетельствует об очень медленных колебательных движениях Алданского щита в начале палеозоя, охватывавших одновременно большие площади. Спокойный тектонический режим сохранялся на Алданском щите в течение всего палеозоя и не нарушался ни каледонской, ни герцинской складчатостью.

И только в юрское время к северу от Станового хребта возник обширный прогиб, заполнившийся континентальными угленосными отложениями мощностью до 2 км. Вдоль южной границы щита образовались крупные зоны расслаивания и повторного метаморфизма архейских пород, а платформенный чехол приобрел наклоны в несколько градусов и был рассечен разломами (рис. 4). Крайние восточные районы Алданского щита в конце юры — начале мела стали областью интенсивного наземного вулканизма,

связанного с развитием Охотско-Чукотского вулканического пояса. Западнее в узлах пересечения разломов внедрились многочисленные и пестрые по составу щелочные интрузивы, сопровождаемые золотым оруденением. Они располагаются в виде изолированных групп, пространственно связаны с пологими прогибами платформенного чехла и залегают в виде пластовых тел, куполовидных массивов и даек (Ю. А. Билибин, 1941 г.). Платформенные карбонатные породы вмещают и золотое оруденение. Расположение рудных тел здесь определяют два типа тектонических нарушений (рис. 5). К первому относятся крутопадающие трещины различного простирания, которые пересекают платформенный чехол вместе с интрузивами и заполнены маломощными золотокварцевыми жилами. Второй — ведущий тип — представлен очень пологими лентообразными залежами, развившимися в кар-

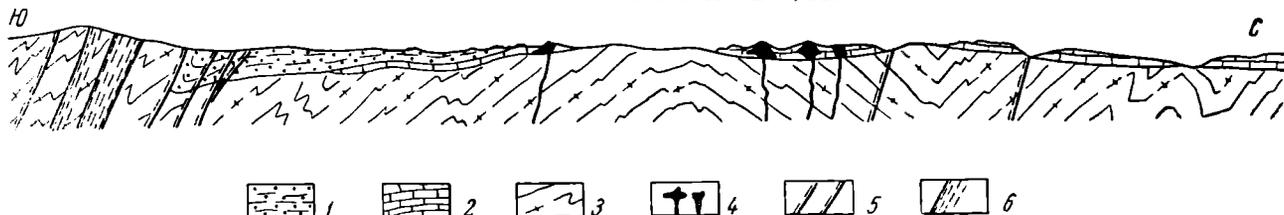


Рис. 4. Схематический геологический разрез через Алданский щит. Юрские угленосные отложения (1), кембрийские карбонатные породы (2), архейские гнейсы и граниты (3), мезозойские щелочные интрузивы (4), разломы (5), зоны расщепления и повторного метаморфизма пород (6)

бонатных породах. Именно они отличают этот район от других золоторудных месторождений Востока СССР.

Итак, судя по абсолютному возрасту нижней части платформенного чехла и мезозойских интрузивов, на Алданском щите образованию золоторудных месторождений предшествовал период платформенного развития продолжительностью свыше миллиарда лет. Тектонические движения периода активизации выразились на щите в виде глыбовых перемещений кристаллического фундамента совместно с платформенным чехлом, которые, конечно, не идут ни в какое сравнение с крутыми складками мезозойских геосинклинальных областей. В процессе активизации в платформенный чехол проникли мезозойские интрузивы и сопровождающие их рудоносные растворы. В результате платформенный чехол, который на «обычных» платформах вмещает лишь осадочные месторождения, стал местом отложения эндогенного (связанного с глубинными источниками) оруденения.

### ЮЖНО-КИТАЙСКИЙ ПЛАТФОРМЕННЫЙ МАССИВ

В отличие от Алданского щита основание Южно-Китайского платформенного массива сложено слабо метаморфизованными породами более молодого возраста: протерозойскими глинистыми, углистоглинистыми сланцами, а также нижнепалеозойскими песчаниками, песчанистыми и глинистыми сланцами, среди которых залегают отдельные блоки гнейсов (Хуан Цзи-Цин, 1961 г.). Платформенный период его развития был значительно короче, но мощность чехла здесь гораздо больше. Это указывает на относительно высокую подвижность южной части Китайской платформы.

В северо-западной части массива, на протерозойских сланцах, лежат синийские ледниковые конгломераты, а выше по разрезу чередуются известняки, доломиты, песчаники, глинистые сланцы (рис. 6). Их суммарная мощность достигает 6—8 км. В юго-восточных районах платформенный чехол залегают на ниже-палеозойском основании. Формирование его происходило в течение девона — триаса. Мощность чехла от 1 км на поднятиях до 4 км во впадинах. Разрез начинается с конгломератов, а выше следуют песчаники, глинистые сланцы, известняки.

Мезозойские тектонические движения, охватившие почти всю Китайскую платформу, с особенной си-



Рис. 5. Разрез через золоторудное месторождение Лебединое (по А. И. Фасталовичу и Н. В. Петровской). Кембрийские карбонатные породы (1), архейские граниты и гнейсы (2), мезозойские пластовые интрузивы (3), мезозойские сенилпорфиры (4), разрывные нарушения (5), золоторудные жилы (6), пологие золоторудные залежи (7)

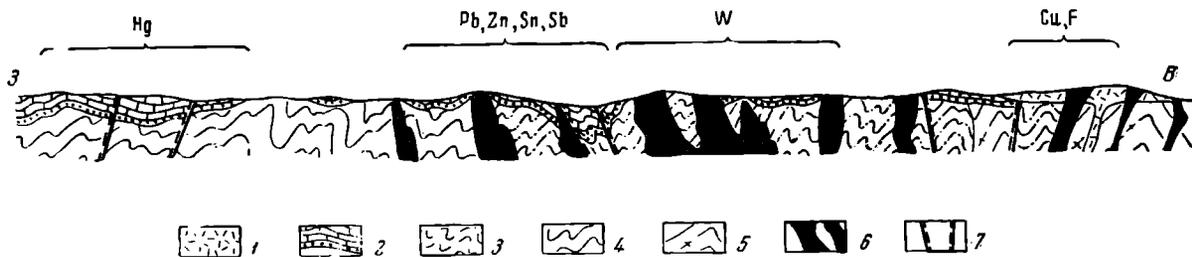


Рис. 6. Схематический геологический разрез через Южно-Китайский платформенный массив. Мезозойские вулканогенные породы (1), платформенный чехол (2), нижнепалеозойские песчано-сланцевые отложения (3), протерозойские сланцы (4), гнейсы (5), мезозойские гранитоидные интрузивы (6), разломы (7)

лой проявились именно в Южно-Китайском платформенном массиве. В середине триаса море, покрывавшее его, ушло, и в отдельных впадинах начали накапливаться угленосные отложения. Платформенный чехол был смят в складки, а в отдельных зонах возникли более интенсивные нарушения. Такие зоны нередко располагаются на границах поднятий, отличаются повышенной мощностью чехла и состоят из узких линейных и дугообразных складок с многочисленными разломами.

В восточных приморских районах в юрско-меловое время произошли обширные наземные излияния лав среднего и кислого состава, слагающих Фуцзянско-Чжецзянский вулканический пояс. Кроме того, в процессе активизации в Южно-Китайском платформенном массиве произошли грандиозные по масштабам внедрения гранитоидных расплавов. Общая площадь мезозойских гранитоидных интрузивов здесь превышает 200 000 км<sup>2</sup>. Большинство из них размещалось вблизи вулканического пояса, однако отдельные их цепи удалены от него на сотни километров. Внедрение мезозойских гранитов сопровождалось общим поднятием территории, созданием расчлененного рельефа и последующим накоплением в межгорных впадинах грубообломочных красноцветных пород.

Роль древних гранитов в рудоносности Юго-Востока Китая невелика. Зато с мощным мезозойским магматизмом связаны крупнейшие месторождения вольфрама, олова, сурьмы, ртути, свинца, цинка и других металлов. В их пространный размещении устанавливается определенная зональность. Так,

в Фуцзянско-Чжецзянском вулканическом поясе залегают флюоритовые месторождения жильного типа, а также медные и свинцово-цинковые месторождения, преимущественно связанные с вулканическими аппаратами мелового возраста. Далее в глубь материка, в районах максимального развития мезозойских гранитов, располагаются многочисленные кварц-вольфрамитовые месторождения. Еще западнее, где граниты залегают в отложениях платформенного чехла в виде изолированных массивов, сосредоточены месторождения свинца, цинка, олова, золота, вольфрама (в ассоциации с сурьмой). Наконец, в области сплошного распространения осадочных пород размещаются ртутные месторождения.

Прямые определения абсолютного возраста кварц-вольфрамитовых (с молибденом, оловом, висмутом) месторождений дают значения 160—180 млн. лет, подтверждающая их связь с юрскими гранитоидами, в то время как оловоносные граниты относятся к меловому периоду — 90—110 млн. лет (Ли Пу, 1963 г.). Интересно отметить, что в Верхояно-Чукотской складчатой области главные оловорудные местонахождения также связаны с верхнемеловыми гранитоидами, а юр-

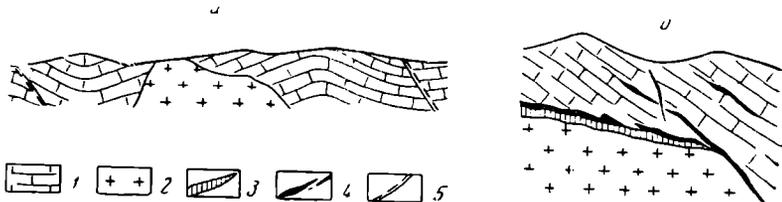


Рис. 7. Условия залегания вмещающих пород (а) и оловянных руд (б) на месторождении Гэдао (по К. Лю и Х. Лу): триасовые известняки (1), мезозойские граниты (2), скаеволиты (3), рудные залежи и жилы (4), тектонические трещины (5)

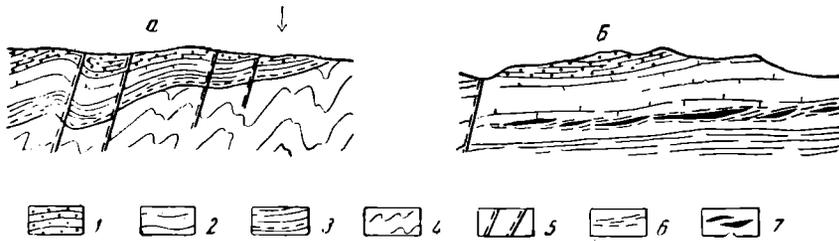


Рис. 8. Схема расположения ртутного оруденения в платформенном чехле (по В. П. Федорчуку): общий разрез (а), деталь (б), стрелкой показано место детального разреза. Перекрывающие сланцы и песчаники (1), рудовмещающие доломиты (2), подстилающие песчаники, сланцы, конгломераты (3), древние метаморфические сланцы (4), разломы (5), зоны мелкой трещиноватости (6), рудные тела (7)

ские интрузивы сопровождаются редкометальной минерализацией. Но на Северо-Востоке СССР оловянные руды залегают в виде жил среди песчано-сланцевых геосинклинальных отложений и прорывающих их мезозойских гранитоидных массивов. В Южном же Китае граниты внедряются в карбонатные породы платформенного чехла, по контактам тех и других под воздействием постмагматических растворов развиваются скарновые залежи, а касситерит-сульфидное оруденение замещают или скарны, или карбонатные породы. Крупные пологие залежи такого типа известны в оловорудном районе Гэджю (рис. 7). Однако в зонах более интенсивных разрывных и складчатых нарушений платформенного чехла — скарны и оловянно-полиметаллические тела приобретают форму круто падающих ветвящихся труб.

В Южном Китае платформенный чехол явился прекраснымместилищем и для месторождения сурьмы, ртути, свинца, цинка и некоторых других металлов. В частности, ртутное оруденение приурочено к карбонатным породам нижней части платформенного чехла (рис. 8). Чаще всего это глинистые доломиты, подстилаемые и перекрываемые песчаниками и сланцами. Проникнув в платформенный чехол по крутым разломам, рудоносные растворы следовали далее по внутрипластовым зонам с тонкими трещинами в местах пологих перегибов платформенных отложений. Поэтому залежи ртутных руд здесь имеют уплощенную форму и протягиваются вдоль отдельных благоприятных горизонтов на очень большие расстояния. Этим они резко отличаются от ртутных месторождений складчатых областей с их сложными сочетаниями складок, разрывов и прихотливой формой рудных тел.

\* \* \*

Таким образом, в Восточной Азии юрско-меловое время было ознаменовано интенсивными тектоническими движениями и магматизмом. В одних районах завершилось развитие геосинклинальных областей, а в других — началась активизация платформ древних складчатых сооружений с образованием особых структурных элементов земной коры. Активизация выразилась в перемещении фундамента, образовании складок и разрывов в платформенном чехле, создании расчлененного рельефа, накоплении вулканогенно-осадочных пород, внедрении многочисленных интрузивов преимущественно гранитоидного состава, а также формирования многочисленных месторождений цветных и редких металлов.

По сочетанию металлов (олово, вольфрам, свинец, цинк, ртуть и др.) активизированные платформы близки к мезозойским складчатым областям, но отличаются от них кучно-групповым размещением рудных месторождений. По-видимому, магматические очаги, которые возникли в мезозое и породили оруденение, имели на активизированных платформах не линейное, а площадное распространение.

На активизированных платформах осадочный чехол, прорванный молодыми интрузивами, явился прекраснымместилищем послемагматического оруденения, а не только осадочных месторождений, как это имеет место на «обычных» платформах. При этом на условия залегания оруденения повлияла степень консолидации фундамента. Так, на Алданском щите большая жесткость архейских гнейсов и гранитов предопределила почти горизонтальное залегание маломощных кембрийских карбонатных пород и образование в них очень пологих золоторудных залежей. В Южно-Китайском платформенном массиве, где основание сложено слабо метаморфизованными осадочными породами, в платформенном чехле куполовидные и линейные складки и месторождения приобрели форму согласных рудных тел с малыми и средними углами наклона и круто падающих трубчатых залежей.

УДК 550

## ДОРОГУ ЦЕННОЙ РЫБЕ!

КАК ПОМОЧЬ РЫБАМ ПРЕОДОЛЕВАТЬ ПЛОТИНЫ

Кажется совершенно неправдоподобным, что рыбы успешно преодолевают стремительные пороги, водопады и даже плотины, когда вода падает с высоты нескольких метров. И самое интересное то, что они подплывают к водопаду по самой стремнине реки, где вода кипит, как в котле, там же делают разбег и прыгают на высоту 4—5 м! Вот почему даже мощный водопад с отвесным падением воды для таких рыб, как семга, форель, сиг, — не преграда. Можно видеть, как рыбы целыми косяками сходу преодолевают водопады и плотины на реках Ленинградской области и Карелии, и только отдельные слабые экземпляры уносятся водой и гибнут в водовороте от ударов о камни. Можно наблюдать попытки семги перепрыгнуть плотину Волховской ГЭС им. В. И. Ленина, когда вода переливается через ее гребень.

Ученых давно интересовало, как прыгают рыбы на стремнине под водопадом, как преодолевают бурное течение воды. Особенно важным стал этот вопрос в связи со строительством на реках плотин, отгородивших рыб от естественных нерестилищ, где развивается молодь. По этой причине вырождаются самые ценные породы рыб, хотя для транспортировки их через плотины и оборудуются рыбоходы и рыбоподъемники. Но семга, нельма, осетр, стерлядь, белуга, белорыбица и сиг не идут через эти сооружения, останавливаются у плотины, тычутся в нее головами и гибнут.

Во время обследования нижнего бьефа Волжской гидроэлектростанции им. XXII съезда КПСС водолазы и аквалангисты обнаружили на дне такое огромное скопление осетров, что человеку некуда было поставить ногу. Рыбы лежали на дне, между тем рыбоподъемник плотины работал вхолостую.

Чтобы выяснить причины такого досадного явления, стали наблюдать за поведением рыб у водопадов, порогов и плотин. Одно-

временно с этим в ряде научных учреждений были созданы искусственные бассейны, соединенные протоками с большим числом плотин и водопадов. Пущенные в бассейны рыбы устремлялись вверх по протокам, преодолевая на пути препятствия, пороги, водопады, плотины.

Для наблюдения использовались киноаппараты, производящие автоматическую подводную и воздушную съемку. В искусственных реках ускорялось и замедлялось течение, повышалась и уменьшалась высота водопадов и плотин и менялось количество воды.

Опыты показали, что рыбу стимулирует, как бы зовет двигаться вверх по быстротекущим рекам вибрация воды и издаваемый ею ультразвук. Оказалось, что рыба ориентируется под водопадами и в порогах не только зрительно и благодаря обонянию, но и по ультразвуку, издаваемому водой при различной скорости течения. Дело в том, что быстро текущая по прямой линии вода, вода завихряющаяся, делающая колебания вверх и вниз, а также стоячая издает разные ультразвуки или совсем их не издает. Рыба по восприятию ультразвука находит наиболее благоприятный путь для преодоления препятствия.

С помощью трех чувств — обоняния, зрения и слуха, способного воспринимать и ультразвук, лососевые и осетровые рыбы выбирают места подхода к водопадам и плотинам. Но одно дело подойти к водопаду, а другое — преодолеть труднейшую преграду, сделать разбег и совершить прыжок.

Опыты позволили выяснить, что под водопадами и водосливными плотинами образуется так называемая «стоячая волна». Вода в ней движется только вверх и вниз. Вот этой «стоячей волной» и пользуются рыбы. Она подбрасывает их вверх, десятилетия их силу. Например, лососи, достигнув водопада, обследуют его, выясняют, где

«стоячая волна» выше, а она оказывается наивысшей обычно на середине реки, в самом глубоком и быстром месте русла, там, где водопад ревет, как зверь. Тут оказываются, как ни странно, самые благоприятные условия для совершения прыжка. Совершается он так: лосось выбирает ряд наиболее высоких «стоячих волн», в них делает разбег, самая высокая волна под водопадом подбрасывает его вверх и он успешно делает прыжок на 5—6 м в высоту. В большинстве случаев этого оказывается достаточно, чтобы преодолеть довольно крупный водопад или водосливную плотину малой гидроэлектростанции.

Изучение этого вопроса позволило сделать ценные выводы и использовать их для практических целей, создать при строительстве плотин новых гидроэлектростанций условия для беспрепятственного передвижения рыбы вверх и вниз по реке, исправить ранее допущенные ошибки, препятствующие проходу ценных пород рыб через искусственные сооружения.

Строительство многих гидротехнических сооружений нанесло рыбному хозяйству непоправимый ущерб. В частности, после со-

оружения плотин на реках Волхов и Свирь потеряли промысловое значение ладожский сиг и невский лосось (семга). Сейчас принимаются меры для восстановления их поголовья. В прошлом году работники института ВНИОРХ обследовали бывшие нерестилища ладожского сига в бассейне Ильмень-озера. Они оказались в хорошем состоянии. Однако плотина Волховской гидроэлектростанции преграждает путь сигу к ильменским нерестилищам. Как быть?

Выход был найден. Ленинградскому отделению института Гидропроект поручено спроектировать рыбоход Волховской плотины. Инженеры составили технический проект, предусматривающий создание рыбоходов, с быстротекущей водой, издающей определенные ультразвуки. Это должно привлечь сига. Скоро путь ладожскому сигу и семге будет открыт по всему Волхову до Ильмень-озера, по Свири до Онежского озера и по рекам, в них впадающим. В добрый путь!

*П. К. Доильницин*  
Ленинград

УДК 997.0



**А. А. Меньяйлов**  
**ВУЛКАНЫ**

Изд-во «Знание», 1965, 94 стр.,  
ц. 14 коп.

На гористом полуострове Камчатка, в северо-западном направлении от Петропавловска-Камчатского простирается цепь вулканов, или огнедышащих гор: Авачи, Толбачик, Ключевская сопка, Шивелуч и др. Многие русские ученые занимались и продолжают заниматься изучением этих вулканов.

Для обеспечения наблюдения за процессами извержения непосредственно у огнедышащего кратера на высоте более 2000 м над ур. м. советские вулканологи доставили на собаках разборный домик. Вновь сооруженная станция расположилась близ

центра грозного Шивелуча. Вулканические обломки со свистом пронеслись мимо исследователей, а серый пепел и песок мощ-

ным слоем покрывали поверхность склонов вулкана. Нередко случалось и такое, что почва колебалась под ногами и дрожала, частенько вулканологи скрывались за раскаленными глыбами горных пород. Жар лавы смелые исследователи использовали для приготовления пищи...

В книге рассказано о жизни и нелегкой, но увлекательной работе советских вулканологов. Не только любопытство и теоретический интерес привлекают ученых в их опасные маршруты на вершины вулканов, они ведут свои исследования с целью практически использовать грозные силы природы на пользу человеку.

*Г. Д. Курочкин*  
Кандидат  
геолого-минералогических наук  
Москва





## ВНЕЗАТМЕННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ КОРОНЫ

*Где кончается Солнце? Сто лет назад такой вопрос могли считать праздным: край солнечного диска виден резко очерченным, как у твердого тела. Но Солнце — газовый шар. Резкость края объясняется тем, что в верхних слоях солнечный газ малопрозрачен, и плотность его быстро возрастает с глубиной, так что наружный слой толщиной всего 300—400 км полностью поглощает излучение, идущее снизу. Практически весь свет, достигающий Земли, рождается в пределах этого слоя, за что он и получил свое название — фотосфера, т. е. сфера света. Поскольку толщина фотосферы составляет лишь 1/3000 солнечного диаметра, ее, в первом приближении, можно считать просто светящейся поверхностью.*

### ЗЕМЛЯ НАХОДИТСЯ В АТМОСФЕРЕ СОЛНЦА

Во время полных затмений Солнца вокруг него видно косматое жемчужное сияние, простирающееся на несколько солнечных радиусов и называемое короной. Но до середины прошлого века полагали, что появление короны связано с Луной или с земной атмосферой, и лишь позже было доказано, что корона — часть Солнца, его внешняя атмосфера. Плотность вещества здесь в сотни миллионов раз меньше, чем в фотосфере, температура более миллиона градусов (в фотосфере  $6000^\circ$ ). Переходная область от фотосферы к короне называется хромосферой. В хромосфере и короне генерируется все ультрафиолетовое и рентгеновское излучение Солнца, приходящее на Землю и формирующее ее ионосферу, которая оказывает влияние на радиосвязь, на состояние нижних слоев атмосферы и через них на жизненные процессы на планете. В 1950-х годах наблюдениями в радиодиапазоне обнаружены облака корональной материи на расстоянии 15—20 радиусов от Солнца — так называемая сверхкорона. В последнее время выяснилось, что от Солнца дует водородный ветер, зарождающийся во внутренних областях короны и достигающий у орбиты Земли скорости

400 км/сек при плотности 1—10 протонов на  $1 \text{ см}^3$ . Таким образом, наша планета движется в атмосфере Солнца.

### ПОЧЕМУ ТРУДНО НАБЛЮДАТЬ КОРОНУ?

Для науки о Солнце, да и о Земле, очень важны высококачественные систематические наблюдения короны и хромосферы, так как это позволит проследивать более полно явления, разыгрывающиеся на солнечной поверхности, и прогнозировать воздействие их на Землю. Однако такие наблюдения сопряжены с серьезными трудностями. С поверхности Земли невозможно наблюдать рентгеновский и ультрафиолетовый диапазоны спектра, в которых излучение хромосферы и короны доминирует, так как свет с длиной волны меньше  $3000 \text{ \AA}$  полностью поглощается земной атмосферой. В области же видимого света ( $3500\text{—}8000 \text{ \AA}$ ) интенсивность излучения хромосферы в тысячи, а короны — в миллионы и миллиарды (внешняя корона) раз меньше фотосферного. Но не слабость этого излучения мешает наблюдать его, излучение достаточно интенсивно, чтобы его зарегистрировали обычные светоприемники. Помехи возникают из-за близ-

кого соседства чрезвычайно мощного излучателя — фотосферы, а сущность помех можно выразить в двух словах: рассеяние света.

На пути от источника к приемнику свет взаимодействует с веществом, и один из эффектов этого взаимодействия — отклонение фотонов от первоначального направления. В результате приемник «видит» свет не только в том направлении, где находится истинный источник, но и в других направлениях, откуда приходят рассеянные фотоны; центры рассеяния становятся как бы новыми источниками света, не совпадающими с первичным. Большое количество таких центров, расположенных достаточно густо, создаст вокруг источника непрерывный светящийся фон. Примером может служить свечение неба, вызванное рассеянием в земной атмосфере и представляющее собой одну из важнейших помех в наблюдениях короны. В ясную погоду яркость неба равна примерно  $10^{-3}$  яркости центра солнечного диска, а в непосредственной окрестности Солнца она еще на порядок выше — так называемый ореол вокруг светила. Яркость же внутренней короны (в пределах 0,2 солнечных радиуса от края) в белом свете составляет всего  $(1-2) \times 10^{-6}$  яркости фотосферы. Поэтому если, к примеру, в одно место сетчатки глаза проектируется участок неба, в котором нет короны, а в другое — участок с короной, то освещенность в этих двух местах различается на сотые доли процента. Глаз не улавливает столь малых контрастов, а любой искусственный светоприемник — тем более, так что корону не удастся различить на светлом фоне неба. Кроме земной атмосферы, есть другие, не менее серьезные источники рассеяния, о которых речь впереди. Чтобы наблюдать внешнюю атмосферу Солнца, нужно найти способ уменьшить яркость фона, порожденного рассеянием фотосферного излучения, по крайней мере до  $10^{-5}$  —  $10^{-6}$  яркости солнечного диска. Для наблюдения же областей короны, удаленных от края диска на несколько солнечных радиусов, рассеяние должно быть снижено даже до  $10^{-8}$  и  $10^{-9}$ .

Один из таких способов, наиболее радикальный, по счастливой случайности осуществлен в природе — это полные солнечные затмения. Над площадью, покрытой тенью Луны, атмосфера не освещается прямым светом фотосферы Солнца, вследствие чего яркость небесного фона во время полной фазы

уменьшается до  $10^{-8}$  яркости центра диска. Но солнечные затмения редки и непродолжительны, да и те не всегда удается наблюдать: или облачность помешает, или полоса полной фазы пройдет по труднодоступной территории. В общей сложности, за всю историю науки корона во время затмений наблюдалась около трех часов. При этом затменные наблюдения дают представление о короне лишь в отдельные случайные моменты, разделенные промежутками в несколько месяцев, а для науки особую ценность представляют систематические наблюдения.

#### КАК УСТРОИТЬ ИСКУССТВЕННОЕ ЗАТМЕНИЕ СОЛНЦА

Астрономы настойчиво стремились научиться искусственно создавать условия, позволяющие наблюдать корону в любое время, независимо от полных затмений Солнца. В первую очередь, естественно, внимание ученых было привлечено к атмосферному рассеянию; с этой помехой удалось справиться относительно просто. При подъеме вверх, за пределы нижнего, самого плотного и загрязненного слоя воздуха, атмосферное рассеяние сильно уменьшается, и в горах, выше 2000 м над ур. м., часто бывают дни (особенно после выпадения осадков), когда атмосфера настолько прозрачна, что ореол вокруг Солнца полностью отсутствует, и яркость неба снижается до  $(2-3) \cdot 10^{-5}$ , в исключительных случаях достигая даже яркости внутренней короны. Казалось бы, этого достаточно, чтобы видеть корону, однако многие попытки остались безуспешными, до тех пор, пока в 1930 г. французский астрофизик, блестящий экспериментатор Бернард Лио не решил проблему внезапных наблюдений короны. Лио показал, что, помимо атмосферы, сам наблюдательный инструмент служит сильным источником рассеянного света, и дал глубокий анализ причин инструментального рассеяния, позволивший свести это рассеяние к минимуму.

Обойтись без инструмента при наблюдениях короны совершенно невозможно. В простейшем случае это будет непрозрачный экран, которым необходимо защитить глаз от слепящего излучения фотосферы. Но даже такой примитивный инструмент рассеивает свет. Дело в том, что, строго говоря, экраном нельзя загородиться полностью от источника света: некоторое, пусть малое, количество излучения все равно проникнет в

затененное пространство за экраном благодаря универсальной способности всяких волн, в том числе световых, дифрагировать, т. е. огибать препятствия (рис. 1). Край экрана, ставший источником дифрагированного света, будет виден как светящаяся полоска (дифракционное кольцо), способная создать в затененном пространстве освещенность в тысячи раз меньшую, чем на лицевой стороне экрана, но этого уже достаточно, чтобы помешать обнаружению короны. При неизменной форме и угловых размерах экрана длина светящегося края возрастает пропорционально расстоянию от наблюдателя до экрана, а освещенность падает обратно пропорционально квадрату этого расстояния, так что, в общем, освещенность дифрагированным светом уменьшается пропорционально расстоянию от экрана. Этим и объясняется, почему дифракция на краях Луны не мешает видеть корону при полном солнечном затмении: Луна — достаточно удаленный экран.

В состав наблюдательного инструмента обязательно входят некоторые оптические элементы. Оптика необходима потому, что она обеспечивает высокое разрешение (различение мелких деталей), но она же порождает и рассеянный свет. Идеалом оптической системы была бы система, строящая изображение, совершенно подобное объекту. Это, в частности, означает, что все излучение, исходящее из некоторой точки объекта, собирается в строго соответствующей ей точке изображения. Такая идеальная система сконцентрировала бы весь воспринятый свет фотосферы в пределах изображения солнечного диска. Если это изображение расположить на круглом экране, диаметр которого чуть больше диаметра изображения

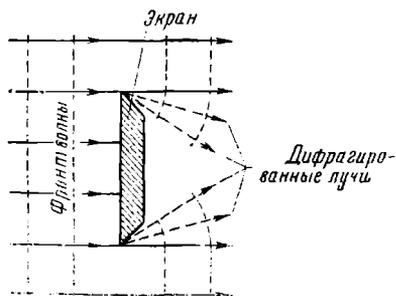


Рис. 1. Схема дифракции волны

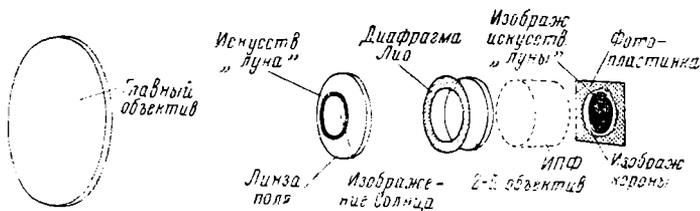


Рис. 2. Схема висзатмевного коронографа Лью

(такой экран называется искусственной «луной», потому что он имитирует затмение Солнца), то удалось бы избавиться от дифракции фотосферного излучения на краях экрана (рис. 2). Наблюдатель, находящийся за «луной», видел бы вокруг нее лишь излучение короны и рассеянный свет неба. Однако из-за рассеяния в реальных оптических системах некоторая доля фотосферного излучения локализуется в фокальной плоскости за пределами изображения солнечного диска, т. е. в области изображения короны, и этот добавочный фон имеет яркость порядка  $10^{-2}$  —  $10^{-3}$  яркости изображения фотосферы. Из-за него-то предшественникам Лью и не удавалось обнаружить корону. Прежде чем подниматься в горы, нужно усовершенствовать инструмент, снизить рассеяние в нем примерно до  $10^{-6}$ .

#### СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО РАССЕЯНИЯ

Первый шаг в этом направлении — улучшение качества стекла для объектива. Стекло должно обладать хорошей прозрачностью, т. е. должно быть малым рассеяние света в стеклянном веществе, зависящее от неоднородностей микроструктуры с характерными размерами меньше длины световой волны. Подходящими могут быть легкие кроновые стекла.

Помимо неизбежной микроскопической неоднородности, при варке стекла в нем возникают неоднородности макроскопического масштаба: пузырьки воздуха, свиля, местные внутренние напряжения. Избавиться от них можно, улучшая технологический процесс стекловарения.

Очень важно такое технологическое свойство стекла, как полируемость. Поверхность объектива, предназначенного для наблюдения короны, нужно особенно тщательно

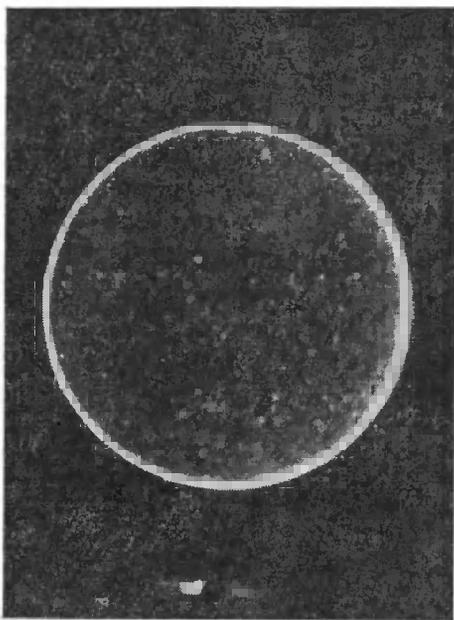


Рис. 3. «Поле» коронографа. Видно яркое дифракционное кольцо. Световые точки — изображения отдельных центров рассеяния

но полировать, так как микронеровности — опасный источник рассеяния. Лео изготовлял простые однолинзовые объективы, чтобы свести к минимуму количество рассеивающих поверхностей. Однолинзовые объективы дают изображения худшего качества, чем сложные, но с этим еще можно мириться, потому что главный недостаток одиночных линз — хроматическая аберрация — становится несущественным при корональных наблюдениях, производимых обычно в узких спектральных участках. У зеркальных объективов всего одна поверхность, но ее приходится покрывать отражающим слоем металла, что пока не удается выполнить с достаточным совершенством: мелкие отверстия в металлической пленке, микронеровности, зернистая структура создают громадное рассеяние порядка процента. Поэтому рефлекторы в принципе не пригодны для наблюдений короны.

Объектив для корональных наблюдений нужно содержать в образцовой чистоте. Поверхности его всегда должны быть тщательно очищены от пылинок, так как каждая пылинка — это маленький экранчик, сильный источник дифрагированного света. Совершенно недопустимы даже мелкие царапины.

Однако все эти меры бессильны против весьма мощного источника рассеянного света — дифракции на краях входного отверстия (оправы) объектива. Свет фотосферы, дифрагированный на краях оправы, — дифракционное кольцо — освещает изображение короны. Лео предложил остроумный способ его удаления. Сразу же за искусственной «луной» помещается так называемая линза поля (см. рис. 2), которая строит изображение главного объектива — «поле» (рис. 3). «Поле» освещается лишь тем излучением, которое проходит через фокальную плоскость главного объектива за пределами искусственной «луны», т. е. светом неба, короной и частью фотосферного излучения, рассеянной объективом. Последняя составляющая размазана в фокальной плоскости, но в «поле» она концентрируется в центрах рассеяния. Действительно, как упоминалось выше, центры рассеяния — это вторичные источники излучения. Поэтому изображение объектива будет одновременно изображением тех вторичных источников, которые находятся в объективе. Пузырьки и пылинки в поле приобретут вид ярких звездочек, царапины — светлых линий, а край объектива — яркого кольца. Это кольцо легко «обрезать», т. е. экранировать диафрагмой, у которой внутренний диаметр меньше внутреннего диаметра кольца (диафрагма Лео) (см. рис. 2).

Здесь уместно сказать еще об одном источнике рассеяния. Поверхности линзы могут действовать как рефлектор. Рис. 4 поясняет, как лучи, отраженные от задней поверхности, а затем еще раз от передней, строят действительное изображение Солнца — блик — в фокусе передней поверхности. Блик создает неприятную засветку изображения короны, но линза поля помогает избавиться и от него: достаточно поставить маленький экранчик в том месте, где строится изображение блика.

Световой пучок после диафрагмы Лео уже в достаточной степени свободен от рассеянного излучения фотосферы, поэтому за диафрагмой можно устанавливать любые оптические элементы, даже зеркала. Обычно здесь ставится второй объектив (теперь он может быть и сложным), строящий изображение искусственной «луны» и короны вокруг нее. Яркость фона в этом изображении равна по порядку величины яркости короны. Изображение можно рассматривать через окуляр, запечатлеть на фотопластинке или направить на щель спектрографа.

Полученная оптическая схема (см. рис. 2) представляет не что иное, как специализированный телескоп-рефрактор с малым ( $10^{-6}$ ) рассеянием света, и называется врезатменным коронографом Лию. В случаях, когда коронограф используется не для спектральных наблюдений, а только для получения изображения короны, после второго объектива устанавливается узкополосный светофильтр (ИПФ — на рис. 2) с целью увеличить контраст короны по отношению к фону рассеянного света. В основном корона светит рассеянным светом Солнца, собственное же ее излучение сосредоточено в узких спектральных участках, называемых корональными эмиссионными линиями. Интенсивность излучения в линиях в несколько раз (для сильнейших линий — в десятки раз) больше, чем в соседних участках спектра. Во столько же раз может возрасти относительная яркость короны, если наблюдать ее в монохроматическом свете линии излучения. Но для этого нужно создать фильтр, пропускающий свет в очень узком участке спектра, содержащем одну лишь линию, — задача весьма сложная, так как ширина корональных линий около одного ангстрема, а лучшие фильтры из цветного стекла имеют полосу пропускания шириною в сотни ангстрем. Лио справился и с этой трудностью. Созданный им интерференционно-поляризационный фильтр (сокращенно ИПФ) позволяет получать полосу пропускания меньше одного ангстрема. Этот замечательный прибор нашел широкую область применения благодаря тому, что, выделяя излучение атомов одного определенного сорта, позволяет видеть распределение именно этих атомов на Солнце.

Коронограф Лию, установленный на высокогорной обсерватории, позволяет наблюдать внутреннюю корону и не во время затмений; более далекие области короны значительно менее ярки и их не удается наблюдать вне затмения. Сейчас в мире существует сеть высокогорных корональных станций. Среди них станция Пулковской обсерватории близ Кисловодска.

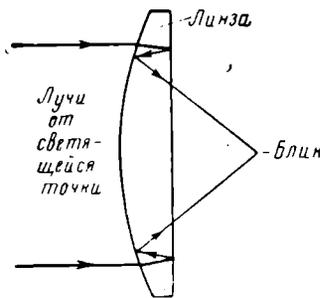


Рис. 4. Схема образования «блика»

Стандартные коронографы — инструменты сравнительно небольшие: обычно диаметр объектива не больше 20 см, а фокусное расстояние 3—4 м. Это объясняется тем, что к объективу коронографа предъявляются особенно жесткие требования, а изготовить крупный блок стекла подходящего качества очень трудно. К тому же, до последнего времени исследовалась в основном крупномасштабная структура короны, а для этого не требуется высокое разрешение (разрешение пропорционально диаметру объектива). Но сейчас стало актуальным изучение тонкой структуры солнечной атмосферы, и для наблюдения мелких деталей потребовались мощные телескопы с малым рассеянием (коронографы) и с высоким пространственным разрешением (следовательно, с большими объективами).

С другой стороны, в настоящее время наиболее продуктивным методом астрофизических исследований стала спектроскопия. По контурам спектральных линий удается получить надежные сведения о физических условиях (температура, скорость, давление, плотность), в которых находятся атомы, образующие данные линии спектра. Для этого надо иметь спектрограммы с высокой дисперсией (порядка одного ангстрема в миллиметре) и с высоким спектральным разрешением (несколько сотых долей ангстрема), получаемые на крупных спектрографах. Спектрографы, используемые обычно в комбинации со стандартными коронографами Лию, дают невысокую дисперсию — в пределах 5—15 Å/мм.

Таким образом, современный инструмент для наблюдения внешней солнечной атмосферы должен представлять собой соединение крупного коронографа с высокодисперсным спектрографом. Первые инструменты такого типа с объективами диаметром 40 см установлены на высокогорных обсерваториях Сакраменто-Пик и Клаймакс (США).

В СССР первыми опытами в этом направлении были коронограф И. А. Прокофьевой в Пулково и коронограф ИЗМИРАНа под Москвой. Последний создан по усовершенствованной схеме Прокофьевой, имеет объектив диаметром 25 см с фокусным расстоянием 4 м, дисперсия спектрографа 1,9 Å/мм. Вариант Прокофьевой отличается от классической схемы Лию тем, что изображение главного

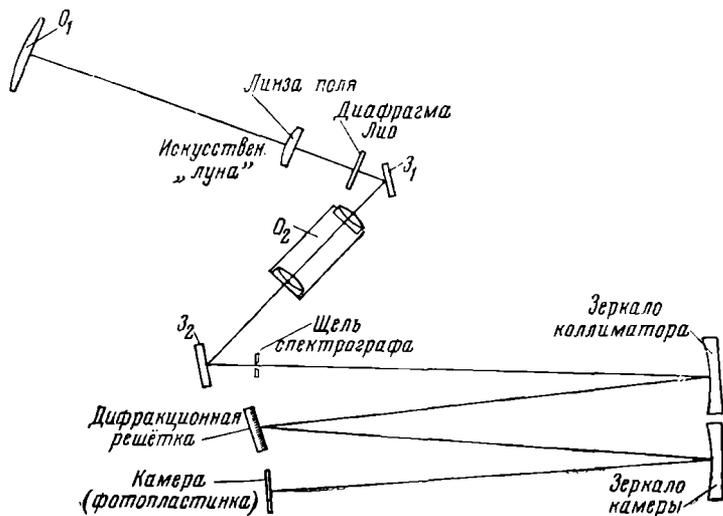


Рис. 5. Схема нового коронографа. Пояснения в тексте

объектива («поле») строится внутри спектрографа, т. е. перед диафрагмой Лيو введены спектральная щель и зеркала. Такое расположение менее выгодно с точки зрения инструментального рассеяния, потому что дифракция на щели и рассеяние на зеркалах размывают дифракционное кольцо от краев объектива и диафрагма используется с недостаточной эффективностью. Но этот недостаток, по-видимому, вполне гармонирует с тем обстоятельством, что оба инструмента (Прокофьевой и ИЗМИРАН) установлены на уровне моря, где велико атмосферное рассеяние. Ярчайшие корональные линии (зеленую и красную) удастся регистрировать только в наиболее ясные дни и при большой интенсивности короны. Зато коронограф ИЗМИРАН оказался прекрасным хромосферным телескопом: хромосфера ярче короны и ее можно наблюдать при более интенсивном фоне рассеянного света. В минувшем году на нем выполнены интересные наблюдения спикул — тонкой структуры хромосферы.

По предложению заведующего Кисловодской корональной станцией М. Н. Гневшева начались работы по созданию двух однотипных коронографов, которые станут крупнейшими в мире. Один из них будет установлен на Кисловодской корональной станции, а другой под Иркутском. На рис. 5 приведена оптическая схема этого инструмента, разработанная научным сотрудником ИЗМИРАН Г. М. Никольским и автором этих строк. Главный объектив коронографа  $O_1$  —

однолинзовый, с диаметром 53 см и фокусом 8 м. Так же, как в схеме Лيو, линза поля и диафрагма расположены перед спектральной щелью. Изображение короны, получаемое в фокусе главного объектива, переносится объективом  $O_2$  и плоскими зеркалами  $Z_1$  и  $Z_2$  на плоскость щели спектрографа. С помощью зеркала  $Z_2$  можно перемещать это второе изображение таким образом, чтобы через щель спектрографа проходил свет от интересующей нас области короны. В то время как тубус, несущий главный объектив  $O_1$ , движется вслед за Солнцем, спектрограф остается неподвижным (крупный спектрограф затруднительно монтировать на подвижном тубусе). Это достигается благо-

даря зеркалам  $Z_1$  и  $Z_2$ , стабилизирующим положение светового пучка в пространстве. Диспергирующим (разлагающим излучение в спектр) элементом спектрографа служит отражающая дифракционная решетка  $250 \times 230$  мм, с частотой штриховки 600 штр/мм. Схема дифракционного спектрографа обычная: щель стоит в фокусе коллиматорного зеркала, от которого пучки параллельных лучей поступают на дифракционную решетку, а с нее — на зеркало камеры, строящее на фотопластинке монохроматические изображения щели — спектр. Длина спектрографа (фокус зеркала камеры) — 8 м, дисперсия — 1 Å/мм, диаметр изображения Солнца в фокусе спектрографа 124 мм.

Проекты крупных солнечных рефракторов типа коронографа разрабатываются сейчас и в других странах (Италия, Франция). По-видимому, в ближайшие годы это направление широко разовьется, но уже видна и ограниченность его возможностей. Когда появится обсерватория за пределами атмосферы, можно будет наблюдать вне затмения внешние области короны, яркость которых около  $10^{-9}$  яркости солнечного диска. Коронограф типа Лيو здесь окажется бесполезным, потому что для него нижний предел инструментального рассеяния лежит возле  $10^{-6}$ .

Но уже прокладывает себе дорогу инструмент нового типа — коронограф с внешним экраном. Искусственная «луна», помещенная перед главным объективом короно-

графа, загорживает его от прямого света фотосферы. Главным источником рассеянного света здесь будет дифракция на краях «луны», инструментальное рассеяние снизится до  $10^{-8}$ — $10^{-9}$ . Инструмент получается громоздким из-за того, что искусственная «луна» должна быть вынесена далеко перед объективом, и пока ведутся работы с миниатюрными экземплярами. В 1964 г. американские исследователи получили вне-затменные фотографии внешней короны до расстояния в 5 солнечных радиусов при помощи такого коронографа, поднятого стра-

тостатом на высоту 25 км. В этом инструменте диаметр объектива был около 3,3 см, фокусное расстояние около 0,5 м, а расстояние до экрана («луны») — 2,3 м.

Вероятно, на космических станциях, в условиях невесомости, требование ограничения размеров станет менее жестким и появятся инструменты-гиганты.

А. А. С а з а н о в

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР (Москва)*

УДК 522. 56

## РАСКРЫТА ЕЩЕ ОДНА ТАЙНА БЕЛКОВОГО СИНТЕЗА

### НОВЫЙ УСПЕХ В РАСШИФРОВКЕ АМИНОКИСЛОТНОГО КОДА

*Об успехах ученых в познании механизма синтеза белка в живой клетке уже многократно сообщалось на страницах журнала «Природа». Указывалось, в частности, что одним из основных вопросов при изучении синтеза белка является выяснение соответствия последовательности оснований в матричной РНК (мРНК) каждой из аминокислот, т. е. расшифровка аминокислотного кода РНК. В самое последнее время в лаборатории М. Ниренберга<sup>1</sup> были проведены эксперименты, которые позволили почти полностью решить эту проблему.*

#### КАК УДАЛОСЬ РАСШИФРОВАТЬ КОД

Для выяснения последовательности оснований в кодоне (группе нуклеотидов, соответствующих одной аминокислоте) учеными использовались два способа. Первый из них основан на том, что аминокислоты, связанные с транспортными РНК (аминоацил-тРНК)<sup>1</sup>, специфически присоединяются к мРНК<sup>2</sup>. Если к системе, содержащей рибосомы, добавлять меченые аминокацил-тРНК и РНК-матрицы с известной последовательностью оснований, то можно установить, какой из аминокислот соответствует данная последовательность.

Второй подход состоит в следующем. При помощи химических воздействий изменяют природную РНК вируса или ДНК фага,

подбирая условия реакции таким образом, чтобы изменилось минимальное количество оснований определенного вида. Такой РНК заражают клетку, а затем выделяют белок фага (или вируса) и анализируют его аминокислотный состав. Так как последовательность нуклеотидов в РНК-матрице определяет последовательность аминокислот в синтезируемом при ее участии белке, то обнаруживается замена одних аминокислот на другие. Сопоставляя изменения в нуклеотидах при обработке РНК с заменами аминокислот и составом кодонов, можно делать выводы относительно последовательности оснований в кодонах.

В лаборатории Ниренберга аминокислотный код изучался первым способом. В качестве матрицы использовались тринуклеотиды, последовательность оснований в которых была известна. Добавленный тринуклеотид связывался с рибосомой, а затем

<sup>1</sup> См. Труды Национальной академии наук США, 1965, т. 53, № 5, стр. 1161.

<sup>2</sup> См. «Природа», 1962, № 7, стр. 31—36 и 1964, № 2, стр. 43—52.

Таблица кодонов и соответствующих им аминокислот <sup>1</sup>

AAA Лизин AAG AAU Аспарагин AAC	AGA Аргинин или AGG бессмысленный <sup>2</sup> AGU Серин AGC	AUA Метионин AUG AUU Изолейцин AUC	AUA Треонин AUG AUC AUC
ГАА Глютаминовая ГАГ кислота GAU Аспарагиновая GAC кислота	GGA Глицин GGG GGU GGC	GUA Валин GUG GUU GUC	GCA Аланин GCG GCU GCC
УАА Бессмысленный УАГ или серин <sup>2</sup> UAU Тирозин UAC	UGA Бессмысленный или UGG триптофан <sup>3</sup> UGU Цистеин UGC	УУА Лейцин UUG UUU Фенилаланин UUC	UCA Серин UCG UCU UCC
ЦАА Глютамин ЦАГ CAU Гистидин CAC	ЦГА Аргинин CGG CGU CGC	CUA Лейцин CUG CUU Лейцин или CUC бессмысленный <sup>3</sup>	CCA Пролин CCG CCU CCC

<sup>1</sup> А — аденин, Г — гуанин, У — урацил, Ц — цитозин.

<sup>2</sup> Бессмысленный, т. е. не соответствующий ни одной из 20 аминокислот. Эти кодоны соответствуют серину в некоторых штаммах кишечной палочки.

<sup>3</sup> По предположению Ниренберга эти кодоны бессмысленны только в конечном положении.

к нему присоединялась соответствующая тРНК с определенной радиоактивной аминокислотой. В результате этих экспериментов было еще раз показано, что код — вырожден, т. е. присоединение любой аминокислоты стимулируется несколькими различными триплетами (тринуклеотидами).

Легко подсчитать, что из четырех нуклеотидов (А, Г, У и Ц) может быть образовано 64 различных сочетания, состоящих из трех нуклеотидов ( $4^3 = 64$ ). Из 64 таких триплетов было испробовано в бесклеточной системе 44. Каждый из них в подавляющем большинстве случаев вызывал присоединение только одной аминокислоты, что говорит об однозначности кода. Последовательность нуклеотидов в остальных 20 триплетах предсказана по результатам опытов Яновского, Витмана и Цугиты с вирусами и фагами (второй способ). Последовательность нуклеотидов для всех аминокислот приведена в таблице.

#### ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТНОГО КОДА

Из таблицы следует, что код проявляет так называемую «логическую» вырожденность, т. е. триплеты, соответствующие одной и той же аминокислоте, отличаются один от другого по определенному достаточно про-

стому «правилу». Так, в пяти случаях (для треонина, глицина, валина, аланина, и пролина) присутствует по четыре триплета, отличающихся тем, что на последнем месте может стоять любое из четырех оснований. В двенадцати случаях кодоны тоже отличаются только своим последним компонентом, однако вместо урацила может стоять только цитозин (оба — пиримидиновые основания), а вместо аденина — гуанин (пуриновые). В трех случаях (для аргинина, лейцина и серина) характер различий иной. Бессмысленные кодоны являются, по всей видимости, сигналом того, что синтез белковой молекулы окончен.

Интересно, что сходным по своему строению аминокислотам соответствуют близкие по составу кодоны. Так, лейцин и изолейцин — изомеры, и их кодоны соответственно — УУА, УУГ, ЦУА, ЦУГ, ЦУУ, ЦУЦ и АУУ, АУЦ. Гомологичны аспарагиновая (ГАУ, ГАЦ) и глютаминовая кислоты (ГАА, ГАГ). Кроме того, кодируются похожими триплетами аминокислоты, синтезирующиеся в клетке из одинаковых предшественников. Например, аргинин и пролин различны по своему строению и свойствам, однако они связаны в реакциях обмена. Их кодоны соответственно — ЦАА, ЦАГ, ЦАУ, ЦАЦ и ЦСА, ЦСГ, ЦСУ, ЦСС. Можно предполагать, что это неожиданное соответ-

вне появилось в процессе эволюции за счет каких-то структурных соответствий между аминокислотой и кодирующим ее триплетом.

Известно, что расположение аминокислот на матрице РНК обуславливается специфичностью той тРНК, к которой присоединена данная аминокислота. Это присоединение происходит энзиматически и специфичность его обуславливается определенным белком. Имеются факты, указывающие на то, что одна и та же тройка нуклеотидов обеспечивает как взаимодействие тРНК со специфическим для данной аминокислоты белком, так и специфичность присоединения к мРНК. Таким образом, хотя характер соответствия аминокислот и их кодонов мало понятен, он должен быть каким-то образом связан с ферментом, который обеспечивает реакцию образования аминоацил-тРНК.

Предполагается, что специфичность присоединения тРНК к мРНК обуславливается взаимодействием их нуклеотидов (триплетов) по правилу Уотсона-Крика (образование пар А — Г, Ц — У). В этом году Холли с сотрудниками была расшифрована последовательность оснований в аланиновой тРНК, выделенной из дрожжей<sup>1</sup>. Среди неспаренных оснований (около 75% всех оснований тРНК

образуют спиральные участки за счет образования пар) имеются две последовательности; ИГЦмеИпУ (И — инозин, образует пару с Ц, меИ — метилинозин, пУ — псевдоуридин); все они принадлежат к редким основаниям) и дигУЦГГдигУ (дигУ — дигидроуридин). Обе они могут участвовать в присоединении аланиновой тРНК к ГЦЦ-кодону мРНК. В первом случае происходит так называемое антипараллельное спаривание — пУме ИЦГГ; во втором — параллельное: ЦГГ ГЦЦ ГЦЦ.

Этот факт очень интересен и служит в какой-то степени подтверждением гипотезы Уотсона — Крика об универсальности правила образования пар между комплементарными основаниями. Однако безусловно необходима расшифровка последовательности оснований других тРНК, чтобы с уверенностью говорить о механизме считывания наследственной информации, т. е. о переводе ее из последовательности нуклеотидов (формы хранения) в последовательность аминокислот синтезируемых белков (форму реализации).

А. Ф. Орловский. К. А. Гладили  
Московское отделение Всесоюзного биохимического общества

<sup>1</sup> См. «Природа», 1965, № 8, стр. 75—78.

## Заметки, исследования

### 300-ЛЕТНИЙ КУСТ ВИНОГРАДА

Во многих странах в условиях теплого умеренного климата известны случаи существования старых кустов винограда, не утративших урожайность. Большинство из них изучено и описано в литературе, некоторые же неизвестны даже на своей родине. Никто не вспомнил о существовании трехвекового великана во дворе монастыря «Свети Петери», недалеко от деревни Патаденици, Пазарджикской области (Болгария).

Весьма интересна история этой виноградной лозы. Этот сорт в свое время был широко распространен, однако теперь сохранилась лишь отдельные особи на приусадебных участках. Разакия — раннеспелый сорт, кисти его с продолговатыми ягодами средней величины. В полной зрелости ягоды розовые, имеют высокие вкусовые качества и сахаристость.

Прошло более полувека, как эта виноградная лоза потеряла свой первоначальный вид. Несмотря на строгую подрезку, вегетационная сила куста ежегодно снижается, а после того как грубым образом были срублены толстые ветви, развитие его ослабло, и если он раньше занимал площадь около 250 м<sup>2</sup>, то ныне покрывает лишь 28.

Пример Разакия, а также другие факты получения рекордных урожаев высококачественного винограда свидетельствует о том, что по своей природе виноградная лоза — растение спящего роста, и при достаточно хорошем уходе она может служить в продолжение нескольких сот лет, ежегодно давая высококачественный урожай.

А. Д. М а т и а ш в и л и  
Кандидат сельскохозяйственных наук

Тбилиси

## ШИРОКИЙ ФОРУМ УЧЕНЫХ-ХИМИКОВ

### XX МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ

*С 12 по 18 июля 1965 г. в Москве проходил XX Конгресс, организованный Международным союзом по теоретической и прикладной химии (ЮПАК). Союз был создан в 1918 г. и официально утвержден на Конгрессе в Риме в 1920 г. В настоящее время в него входят научные организации 38 стран. Один раз в два года ЮПАК созывает Международные конгрессы и симпозиумы, на которых ученые разных стран обмениваются опытом и принимают решения, способствующие прогрессу химии во всем мире. Представительные делегации советских ученых участвовали во всех таких конгрессах со времени вступления Советского Союза в ЮПАК (1930 г.).*

В работах XX Конгресса участвовало около 2,5 тыс. научных работников, в том числе около тысячи ученых из зарубежных стран. На пленарных заседаниях Конгресса и его шести секциях заслушано и обсуждено более 600 докладов по актуальным проблемам химической науки.

Значительный интерес у участников Конгресса вызвали доклады на секции физической химии поверхностных явлений и дисперсных систем. Широко известно, сколь большое значение имеют поверхностные явления при изучении катализа. Близко к ним примыкают дисперсные системы, состоящие из сильно измельченного (диспергированного) вещества, рассеянного в другом веществе (дисперсной среде). Примерами дисперсных систем с сильно развитой поверхностью могут служить коллоидные растворы. Применяя методы физико-химической механики, можно получить коллоидные вещества с весьма ценными свойствами. В Институте физической химии АН СССР, например, синтезировав клей для склеивания бетона, дающий чрезвычайно высокую, не уступающую самому бетону, прочность шва.

Обзорный доклад о теории адсорбции сделал на Конгрессе С. Брунауер (США). Некоторые новые теоретические положения, связанные с этими процессами, развил в своем выступлении акад. М. М. Дубинин. С интересом были заслушаны доклады акад. П. А. Ребиндера о процессах структурообразования в дисперсных системах, проф. А. Д. Шелудко (Болгария) о новых исследованиях тонких поверхностных слоев, а также выступления других советских и зарубежных ученых.

Большие перспективы как бы вновь открываются перед неорганической химией, отесненной в последние десятилетия от ведущей роли огромными успехами в области органической химии. Проблему неорганического синтеза, широко обсуждавшуюся на Конгрессе, можно без преувеличения назвать одной из центральных для будущего химической науки и практики. Здесь уже находят применение математические методы исследований, открывающие широкие возможности для эксперимента.

Таблица Д. И. Менделеева сейчас широко используется и в США, и в Японии, и в Индии

в очень многих исследованиях. Не случаен большой интерес участников Конгресса к докладу С. Р. Палита (Индия) о новейших достижениях химии в свете периодического закона Д. И. Менделеева. Уже получены сотни новых неорганических соединений, обладающих высокопрочными, термостойкими свойствами. О неограниченных возможностях неорганической химии в области получения материалов с полупроводниковыми свойствами говорила на Конгрессе советский ученый Н. А. Горюнова. Неорганическим полимерам и их превращениям был посвящен весьма содержательный доклад видного немецкого ученого Е. Тило (ГДР).

Много важных докладов прочитано на секции аналитической химии. Значение этой области сейчас особенно велико. Без очень тонких и точных методов анализа нельзя добиться создания чистых и сверхчистых материалов, которые совершенно необходимы для радиоэлектроники и других новейших областей техники.

Для современной аналитической химии все более характерно широкое использование физических, физико-химических и математических методов анализа, позволяющих проникнуть в микромир молекул и атомов. Быстрота, высокая точность, чувствительность — такова особенность этих методов, три помощи которых удается обнаруживать в веществе ничтожные следы примесей (с точностью до одного атома примеси на 3 млрд. атомов вещества). В этом отношении несомненный интерес представляли доклады академика АН УССР А. К. Бабко, проф. Ф. Файгля (Бразилия), Е. Минчевского (Польша), Б. Ф. Скрибнера (США) и многих других.

Новыми, впервые образованными на московском Конгрессе, были секции радиационной химии, космической химии и секция теоретических основ химической технологии. В многочисленных докладах были рассмотрены важнейшие проблемы этих новых, молодых отраслей химии.

Исследования в области радиационной химии имеют большое прикладное значение, они помогают определить радиационную стойкость материалов и обеспечить их защиту от радиации, изыскать новые пути синтеза химических веществ и изменения их свойств путем облучения. В теоретическом отношении эта новая отрасль открывает богатые возможности для изучения химических реакций с участием частиц высоких энергий.

Английский ученый Ф. С. Дейнтон по-

дробно проанализировал в докладе механизм реакций, происходящих при облучении жидкостей и твердых тел; о цикле исследований по радиационной полимеризации в твердом состоянии доложил на пленарном заседании секции М. Магат (Франция). Химическим реакциям, происходящим с участием атомов позитрония и мюония, были посвящены доклады советских ученых В. И. Гольданского, В. П. Шантаровича и В. Г. Фирсова. В большом числе докладов освещены проблемы радиационного синтеза и катализа.

Впервые на Конгрессе была представлена также оригинальная отрасль химии — космохимия. Пока что единственным поставщиком материала для этого раздела науки служат метеориты. Изучение их очень важно хотя бы потому, что надо знать, с какими телами и микрочастицами в космосе может встретиться космонавт.

В настоящее время анализ вещества метеоритов поставлен на новейшую физико-химическую основу и служит источником ценной информации о процессах, происходящих в космосе. Этому был посвящен доклад акад. А. П. Випоградова.

О происхождении и эволюции метеоритов, а также о распространенности их элементов доложил конгрессу американский ученый Х. Э. Зюсс. Проблемам химического и изотопного состава метеоритов были посвящены многочисленные доклады как зарубежных, так и советских ученых.

Вопросами рациональных, экономически оправданных методов промышленной переработки сырых природных веществ в разнообразные материалы и продукты занималась секция теоретических основ химической технологии. При помощи химической технологии решается также задача быстрого внедрения достижений науки в производство. Здесь важны проблемы моделирования химических процессов, изучение вопросов массопередачи и автоматизации. Участники секции заслушали и обсудили свыше 60 докладов.

Одновременно с работами секций проходили заседания Международного симпозиума по свойствам и применению низкотемпературной плазмы — нового, быстро развивающегося направления химической науки.

Чем вызван интерес химиков к низкотемпературной (5 000—20 000°) плазме, изучением которой до последнего времени занимались только физики? Такую плазму теперь

уже научились получать, сохранять и использовать. Химические процессы протекают в плазме с чрезвычайно большой скоростью, что делает их весьма перспективными. На пленарном заседании были с интересом выслушаны доклады советских ученых В. Н. Копдратьева, Е. Е. Никитина и В. Л. Тальрозе о химических и электронных процессах в низкотемпературной плазме и М. В. Тринга (Англия) о применении плазмы в технике. Оживленно проходило обсуждение сообщений о свойствах и применении низкотемпературной плазмы на четырех секциях симпозиума.

\* \* \*

В дни Конгресса проходили многочисленные встречи зарубежных и советских ученых, в ходе которых состоялся широкий обмен мнениями. Многие зарубежные делегаты посетили химические институты и лаборатории АН СССР и другие научные учреждения Москвы. Обсуждение актуальных проблем химии на самом Конгрессе, личные контакты ученых различных стран — все это безусловно поможет решить ряд важных научных проблем и определить направление химической науки на ближайшее будущее.

## БЕСКОНЕЧНОСТЬ В СОВРЕМЕННОЙ КОСМОЛОГИИ

В мае 1965 г. в Москве состоялся симпозиум «Проблема бесконечности Вселенной в современной космологии». Цель этой встречи астрономов, физиков, математиков и философов акад. АН Эстонской ССР Г. И. Наан сформулировал таким образом. В утверждениях типа «космология доказывает, что Вселенная бесконечна (конечна)» часто остается неясным, что понимается под космологией, под доказательством, под Вселенной и под бесконечностью. Кроме того, как подчеркнул в своем докладе кандидат физико-математических наук А. Л. Зельманов, не всегда проводится четкое различие между понятиями «бесконечность материального мира» и «бесконечность Вселенной». Бесконечность материального мира есть его бесконечное многообразие, которое реализуется в пространстве и времени; эта проблема решается всем естествознанием и научной философией. Проблема бесконечности Вселенной сводится к вопросу о конечности и бесконечности пространства и времени; она представляет собой задачу, прежде всего, космологии — физического учения о Вселенной как целом, включающего в себя теорию всей охваченной наблюдениями области как части Вселенной. Это говорит о необходимости хотя бы минимального уточнения понятий, связанных с бесконечностью Вселенной.

Основное внимание участников симпозиума было поэтому сосредоточено на обсу-

ждении следующих вопросов: 1 — предмет космологии; 2 — понятие бесконечности; типы бесконечности в математике, физике и астрономии; 3 — понятие бесконечности в современных космологических теориях; 4 — бесконечность материального мира.

Г. И. Наан и А. Л. Зельманов выразили несогласие с традиционным подходом к решению этих вопросов. Как известно, обычно считается, что основная задача космологии — построение различных «моделей Вселенной», основанных на предположении, что конкретные особенности охваченной наблюдениями области Вселенной типичны для Вселенной как целого (постулат однородности и изотропии). В теории однородной изотропной Вселенной А. А. Фридмана единый пространственно-временной континуум расщепляется на однородное пространство и универсальное космическое время, в связи с чем возможна постановка вопроса отдельно о пространственной и временной бесконечности Вселенной; конечность или бесконечность пространства может быть определена по его кривизне: если кривизна положительна — пространство конечно, если же она отрицательна или равна нулю — пространство бесконечно.

Но, как отметили Г. И. Наан и А. Л. Зельманов, представление об однородном и изотропном характере распределения материи даже для изученной области Метагалактики

может рассматриваться лишь в качестве очень грубого приближения; тем более нет оснований распространять его на Вселенную как целое.

Далее, модели Вселенной исходят из допущения об универсальности теории тяготения Эйнштейна. По мнению А. Л. Зельманова, такая точка зрения **неправильна**. Адекватная теория любого объекта должна предсказывать только то, что действительно существует, и ничего более. Следовательно, космологическая теория должна либо давать одну модель Вселенной, либо приводить к выводу о **неправомерности** самой постановки космологической проблемы как задачи построения «модели Вселенной». Тот факт, что теория тяготения Эйнштейна позволяет построить не одну, а бесконечное множество «моделей Вселенной», свидетельствует, по мнению А. Л. Зельманова, что эта теория не является универсальной и недостаточна для решения проблемы Вселенной как целого.

Релятивистские космологические модели представляют собой крайне схематичное отражение некоторых свойств Метагалактики, представляющей собой часть Вселенной. Значит, изучение кривизны пространства даст ответ на вопрос о **конечности** и **бесконечности** именно Метагалактики, а не Вселенной как целого. Вполне возможно, что универсальным характером будет обладать пока еще не созданная «единая физическая теория», синтезирующая теорию тяготения Эйнштейна и релятивистскую квантовую механику. Эта теория заставит, вероятно, изменить привычную постановку космологической проблемы, пересмотреть и углубить многие выводы современной космологии.

Для решения проблемы **бесконечности** пространства и времени имеет большое значение анализ самого понятия бесконечности, сделанный Г. И. Нааном. Отметив математическую природу понятия бесконечности, он подробно рассмотрел различные типы математической бесконечности — **практическую бесконечность**, **бесконечность как безграничность**, **метрическую**, **топологическую**, **теоретико-множественную бесконечность**, **интенсивную** и **экстенсивную**, **актуальную** и **потенциальную**, **метаматематическую бесконечность**. До 1916 г. космология оперировала понятием бесконечности Вселенной как ее безграничности. В современной, релятивистской космологии основное значение приобрело понятие метрической беско-

нечности, которая нередко рассматривается как просто бесконечность, бесконечность вообще.

Но уже А. А. Фридман понял, что даже в случае однородных изотропных моделей по одним лишь метрическим свойствам этих моделей нельзя однозначно судить об их пространственной конечности или бесконечности; по знаку кривизны вопрос может быть решен лишь в некоторых специальных случаях (односвязность пространства): в общем случае он оказывается гораздо более сложным. Особенно усложняется этот вопрос, если учесть анизотропию и неоднородность реальной Вселенной. В настоящее время он еще не решен, но правомерность его постановки вытекает из анализа пустых и, по крайней мере, некоторых типов непустых моделей, проведенного А. Л. Зельмановым. Он установил, что ответ на вопрос о **конечности** или **бесконечности** пространства, вообще говоря, зависит от выбора системы отсчета. Если мы имеем какую-то пространственно-временную область, то ее пространственные сечения, связанные с различным образом движущимися системами отсчета, могут иметь **конечный** объем в одних системах отсчета и **бесконечный** в других. Аналогичный результат в отношении длительности процессов был уже давно получен Оппенгеймером и Снайдером. Эти результаты доказывают **неправомерность** прежнего противопоставления конечного и бесконечного как **взаимоисключающих** возможностей.

В современной космологии, опирающейся на понятие метрики, считается, что Вселенная во всяком случае бесконечна в пространстве-времени. Единая физическая теория, может быть, заставит пересмотреть и это положение в его конкретном содержании, так как в ней, по-видимому, произойдет отказ от признания универсального характера метрики, следовательно, метрической бесконечности и будет использоваться более сложное понятие топологической бесконечности.

Основные положения докладов Г. И. Наана и А. Л. Зельманова были поддержаны большинством участников симпозиума. Доктор философских наук С. П. Дудель отметил исключительно плодотворный характер данной Г. И. Нааном классификации типов бесконечностей. Доктор физико-математических наук Д. А. Франк-Каменецкий назвал в высочайшей степени ценным и перспективным вывод А. Л. Зельманова об относитель-

ности конечности и бесконечности пространства, их зависимости от системы отсчета. Он выразил также согласие с идеей А. Л. Зельманова, что современная космология еще не располагает данными для окончательного решения проблемы Вселенной как целого.

С другой стороны, некоторые философы — доктор философских наук В. И. Свидерский, кандидаты философских наук А. С. Кармин и С. Т. Мелюхин — критиковали как традиционное понимание проблемы бесконечности Вселенной, так и точку зрения докладчиков. Они считают, что различные типы бесконечности, применяемые в математике, физике, астрономии, представляют собой лишь отдельные аспекты реальной бесконечности Вселенной, некоторые естественнонаучные абстракции этой бесконечности. Реальная бесконечность Вселенной — ее бесконечное качественное многообразие — изучается прежде всего философией. Доказательство конечности или бесконечности Вселенной методами естествознания, в частности космологии, принципиально невозможно. Признание пространственной конечности Вселенной, допускаемое теорией

Фридмана как одна из возможностей, ни в какой мере не совместимо с диалектическим материализмом.

Возражая против этого «чисто философского» подхода, многие участники симпозиума отмечали, что он ничего не дает космологии. Доктора физико-математических наук И. М. Халатников и Д. А. Франк-Каменецкий критиковали утверждение, что закрытые «модели Вселенной» противоречат диалектическому материализму. С другой стороны, кандидаты философских наук П. С. Дышлевый и Л. Б. Баженков отмечали, что между обеими точками зрения есть и нечто общее: они исходят из идеи бесконечного многообразия материального мира.

Как докладчики, так и большинство выступавших в прениях подчеркивали, что философские представления о бесконечности должны складываться на основе обобщения математических и космологических представлений о ней, и должны пересматриваться и углубляться по мере накопления конкретных данных.

*В. В. К а з ю т и н с к и й*

*Научный совет по философским вопросам естествознания АН СССР (Москва)*

**Заметки,  
наблюдения**

## СТАИ АИСТОВ

Аисты издавна стали спутниками человека. Когда поблизости нет высоких деревьев, они гнездятся на постройках. Человек везде охраняет и привлекает их. В народе существует много поверий: так, в Белоруссии считают, что эта птица приносит счастье, на Украине боятся разорить гнездо аиста — тогда неизбежен пожар, у литовцев поселение аистов означает — быть в доме детям.

Уничтожая много вредных насекомых, а также мышей и змей, белые аисты приносят несомненную пользу. У нас в Брестской области их часто можно увидеть на пастбищах, где они охотно пасутся вместе со скотом. Это на первый взгляд может показаться странным, но объясняется очень просто: обычно животные, которых поедает аист, прячутся

в густой траве, а здесь на лугу скот всугивает их, они разбегаются, и аисту остается только подхватывать их своим длинным клювом. При этом аисты не боятся ни собак, ни пастуха. Часто можно увидеть, как эти красивые птицы важно шествуют за трактором, вспахивающим поле.

Белые аисты первыми среди наших птиц улетают зимовать на юг. Обычно это происходит в третьей декаде августа. В прошлом году перед отлетом в Беловежской пуще их собралась стая до двухсот птиц.

*С. В. Ш о с т а к*

*Музей природы «Беловежская пуща», Брестская обл., БССР*

## «БОГИ» ЭПИКУРА: ПАРАДОКС ИЛИ КОНЦЕПЦИЯ?

*Две с лишним тысячи лет тому назад в Афинах — одном из самых оживленных городов древнего мира, в небольшой роще близ Диплонских ворот находилась философская школа выдающегося мыслителя-материалиста того времени — Эпикура. Он был великим просветителем и атеистом. В чем же суть безбожия Эпикура, в чем его значение для борьбы против «современных попов»?*

Эпикур создал замечательное учение об окружающем нас мире, о всей Вселенной в целом, о месте в ней человека, и основные идеи этого учения столь верно, глубоко отражали действительность, что в течение веков оказывали и оказывают огромное влияние на развитие человеческой мысли. Прогрессивные мыслители всех эпох восторженно относились к учению афинского мыслителя. Карл Маркс свою докторскую диссертацию посвятил исследованию философии эпикурейцев. Ленин отвел им ряд страниц своих «Философских тетрадей». Но идеи Эпикура, само имя его на протяжении веков вызывали и до сих пор вызывают ожесточенные нападки со стороны апологетов религии.

Актиэпикурейская «аргументация» церковников многообразна. Не последнее место отводится в ней доказательству того, что Эпикура, быть может, и ... не было. «Его труды? — говорят они, — но их нет! Три письма, оставшиеся у Диогена Лаэртского, — выдумка древнего историка. Поэма Лукреция «О природе вещей» — творение душевнобольного».

Действительно, из 300 работ — плода могучего литературного творчества мыслителя — до нас дошла ничтожная часть. И главное — не было и так называемых «реалий», т. е. перукописных свидетельств, более «жестко фиксирующих» текст, чем папирусные свитки.

Но вот в 1884 г. на холме древней Ликии (против острова Родоса) французские археологи нашли надписи на камнях, из которых была некогда сложена стена крепости. Камни, на которых не «написано пером», а вы-

бито молотом, донесли до нас из глубины веков ценнейшие сведения, открыли новые страницы атеизма древних. Надписи эти — фрагменты из произведений эпикурейца II в. н. э. Диогена из Эноанды. Теперь уже можно считать незыблемым историческим фактом, что эпикурейская философия, одна из высочайших теоретических вершин эллинистической науки, сохранилась много столетий после смерти основателя школы «даже в маленьких уголках Греции».

Страстный эпикуреец из Эноанды резко выступил против «псевдодокин» — духовной, идейной путаницы, которая, как он писал, делает человека больным, еще более несчастным и обреченным. На главной площади своего города он выложил портик из камней, украшенных эпикурейскими надписями — нечто подобное «огромному каменному папирусу длиной в несколько десятков метров», который должен объяснить людям «природу вещей», дать им верный ориентир для познания себя и окружающего их мира.

### ПРОВИДЕНИЯ НЕТ И НЕ БЫЛО

Главное в учении эпикурейцев — идея о счастье, как человеческом идеале, — острем своим направлено против религии. Эпикур учил, что человек рождается для того, чтобы быть счастливым. Счастье — цель жизни. Но чтобы обеспечить его людям, необходимо помочь им преодолеть страх перед богами, избавить человека от боязни каких-нибудь сверхъестественных небесных сил. «Нет ни-

какой пользы готовить себе безопасность,— говорил Эпикур,— по отношению к людям, если есть подозрение относительно того, что находится в вышине, под землей и в бесконечности вообще». «Одно из двух,— писал об исходной точке зрения Эпикура известный французский исследователь М. Гюйо,— или абсолютное могущество вечных богов, или абсолютное могущество вечных законов — вот альтернатива; бессилие человека — вот вывод. Со всех сторон одинаковая помеха счастью»<sup>1</sup>.

Как преодолеть эту «помеху»? Оказывается, это нетрудно сделать. Боги, считает Эпикур, не должны привлекаться для объяснения тех или иных природных явлений. Но для этого нужно построить определенную концепцию мироздания. И действительно, безбожие эпикурейцев связано с их учением о природе. Мир, говорят они, не является порождением каких-то сверхъестественных, божественных сил. Он развивается по присущим ему самому (а не предписанным кем-то) законам, не подчиняется в своем развитии какому-либо божественному провидению или человеческому произволу. Раз это так, то очевидна ненужность каких-либо «перводвигателей» или «первотолчков». Уже эти фундаментальные положения эпикурейского учения не только ставят под сомнение участие сверхприродных сил в делах мира, но выбрасывают их за ненадобностью.

Эпикур выдвинул идею об «отклонении атома»: прямолинейное движение сочетается с неким (внутренне обусловленным) отклонением. По словам Маркса, это не есть «случайно встречающееся в эпикурейской физике определение»<sup>2</sup>. Дело в том, что в результате спонтанных импульсов атом оказывается способным к отклонению, а значит и к встрече и сочетанию с другими, к созданию тех атомных ансамблей, которые и ведут к образованию из частиц микромира — тел макромира. В механических комбинациях взаимодействующих атомов — основа мироздания. Получается весьма устойчивая система, в которой, как заметил итальянский исследователь Трещца, «сочетание механических законов не может перестать действовать из-за индивидуальной воли». Даже,

если это воля с большой буквы — Воля творца.

Учение афинского мыслителя о сущности человеческой психики так же не оставляет места для божества. Душа, согласно этому учению, есть определенная структура мельчайших весьма подвижных частиц. Разрушение этой тонкой структуры ведет к уничтожению души. Значит, нет бессмертия, нет и загробного мира, обитателем которого предназначено быть бессмертным душам. Нет и загробного возмездия. Но тогда — где же бог? Что он делает? Для чего он нужен? Если бессмертные души оказывались иллюзией, то вместе с этим рухнул еще один — имморталистический<sup>1</sup> — костыль, подпиравший религиозные верования, и становится очевидным, что мировоззрение Эпикура — нечто большее, чем простая альтернатива религиозному выбору.

Эпикур учил, что человек сам познает природу. Ему никто не вкладывает знание о ней. Пять его чувств — вот окна во Вселенную. В слухе человека, толкует теорию познания эпикурейцев Маркс, природа «слышит самое себя, в обонянии она обоняет самое себя, в зрении — видит самое себя»<sup>2</sup>. А как же боги? Им остается одно: скромно отойти и стать в сторонке.

Дело, конечно, не только в воззрениях Эпикура на природу! Противоречия эллинистической эпохи — эпохи упадка и разложения рабовладельческого общества — не укрылись от взгляда великого мыслителя. Мир глубоко несовершенен — вот вывод, который неизбежно должен был сделать честный мыслитель той эпохи. Но какое же совершенное и всемогущее божество управляет столь несовершенным миром? «...Эпикур достаточно честен, чтобы сказать, что бог не заботится об индивиде»<sup>3</sup>.

В одном, найденном среди египетских папирусов и тщательно изданном немецким исследователем Дильсом, документе (приписывается Эпикуру), так называемом «Оксиринхском папирусе»<sup>4</sup>, особенно ясно раскрывается прием эпикурейской критики религии.

<sup>1</sup> Иммортализм — вера в бессмертие души.

<sup>2</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Из ранних произведений, стр. 57.

<sup>3</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Там же, стр. 149.

<sup>4</sup> Об оксиринхском папирусе, см. статьи С. Я. Лурье в «Вестнике древней истории» (ВДИ), 1947, № 1, стр. 107—118; 1959, № 3, стр. 191—198.

<sup>1</sup> М. Гюйо. Мораль Эпикура, СПб, 1899, стр. 151.

<sup>2</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Из ранних произведений, 1956, стр. 43.

— Ты боишься богов? Боишься Зевса? Но почему?

Веришь ли ты, что боги способны на злые поступки? Если они действительно способны на это, то не является ли это признаком их измельчания? Как же тогда не смотреть на божество, как на нечто убогое? И не кажется ли оно — в сравнении с тобой — еще хуже? Хотел бы ты, совершив дурной поступок, принести в жертву тысячи быков, чтобы умплощить божество? Но зачем? Если бы это помогло, то означало лишь, что существуют контакты между людьми и богами, а это было бы ужасным несчастьем, потому что воздействие этих контактов чувствовалось бы беспрерывно, вплоть до могилы, заставляя людей содрогаться в предчувствии неизбежного возмездия. К счастью, это не так. К счастью, все это — чистейшая выдумка.

Если человеческое общество полно страданий, зла и смятения, то и боги избегают мира, не заботятся о нем, живут вне его. Какая либо интервенция богов в этот мир совершенно исключена: боги не могут ни помочь людям, ни помешать им, у них нет никакого инструмента милостей и наказаний.

Но чем все же объяснить, что атеист Эпикур говорит о «богах»? Чем объяснить выступления эпикурейцев против «религии тяжкого гнета», но не против богов. Это парадокс, но он вытекает из сущности представлений Эпикура, из всей его концепции, из особенностей античного сознания в целом.

«Геология» Эпикура и его философия, говорит немецкий исследователь Генрих Шмидт, находятся в отношениях, выражаемых немецкой фразой Faust auf Augen: «боги» для материалистической системы древнего грека нужны также, как корове седло. К. Ясперс говорит о якобы присущей Эпикуру «вере», хотя и «вере в безверное настоящее состояние».

Весьма интересно толкование «богов» Эпикура известным советским ученым А. Ф. Лосевым. Для античного сознания самым главным были не личность и не общество, как мы думаем теперь, и даже не природа, а именно тело, живое и здоровое, красивое человеческое тело. Поэтому для грека и красота в своей всеобщности должна быть живым человеческим телом. Здесь открывается конструкция сознания, настолько далекая от его современной структуры, что попытка усвоить ее и глубоко осмыслить связана с

немалыми трудностями<sup>1</sup>. Но как получилось, что тело оказалось почти предельно абстрактным понятием? Для античного сознания красота представляется как живое человеческое тело; более того, даже космос является живым, одушевленным (конечно, очень большим) человеческим телом. Такова, согласно воззрениям древних, связь человека (рассматривавшегося как «микроминиатюризированный» аналог космоса) с космосом, связь микро- и макрокосма.

Этика философов эпохи эллинизма провозглашала в качестве высшей доблести и идеала человеческой жизни созерцание истины, отрешенное от волнений и тревог жизни. Социальная подоснова такого представления очевидна: для возникновения его нужен досуг, который порожден рабовладельческой системой производства и освобождением узкой группы людей от физического труда. Пребывающий вне мира и над миром бог — этот совершеннейший философ и созерцатель, является не чем иным, как отражением в отвлеченной и возвышенной сфере идей исторической действительности. Божественный образ созерцательной жизни — сложнейшее порождение античного полиса, выражающее отделение умственного труда от физического, теоретического досуга от практической деятельности<sup>2</sup>. «Боги» для Эпикура — это тот идеал созерцательного постижения «природы вещей», которое было для него синонимом счастья, доступности для любого последователя его доктрины.

Следовательно, «боги» Эпикура — это не боги религии. Но тогда — кто же они? Маркс считал, что — это «пластические боги греческого искусства»<sup>3</sup>. Происхождение эпикурейских богов, утверждал известный немецкий революционер и ученый Франц Меринг, надо искать в эстетике, в человеческих представлениях о прекрасном, а не в религии. Боги в концепции Эпикура — это «обессмертные» люди<sup>4</sup>. Эпикур, писал А. И. Герцен, учит о богах, как о «тишах, служащих вечными идеалами людям». «Боги» афинского мыслителя, писал французский исследователь А. Марта (см. его сочинение «Боги Эпикура») — «красивые картины, ви-

<sup>1</sup> См. А. Ф. Лосев. История античной эстетики, стр. 81.

<sup>2</sup> См. В. Ф. Асмус. История античной философии, 1965, стр. 293—294.

<sup>3</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Из ранних произведений, стр. 44.

<sup>4</sup> См. М. Покчишская. Hedonistyczna etyka Epikura, Warsz., p. 24.

сящие над его системой, не только (для того), чтобы избежать обвинения в безбожии, но прежде всего, чтобы представить идеал эпикуровского счастья».

Эпикур признавал существование богов, похожих на людей: они едят, пьют, живут в «шелах между мирами», «штермундиях», где никому не мешают, где их никто не тревожит. Это похоже не заточение, изгнание, ссылка богов. Именно поэтому и нет никакого смысла обращаться к ним за содействием, «ублажать их». Не случайно один из позднейших эпикурейцев Филодем в трактате «О музыке» (восстановлен из геркулановских свитков) говорил, что боги не нуждаются в культе, и если кто в нем нуждается, то только сами люди.

### ЭПИКУРЕИЗМ И ХРИСТОС

В сущности, это старая история: попытаться доказать, что греческая философия в целом (в том числе — и материалистические школы ее) была подготовкой христианства. Немецкий историк религии Отто Пфлейдерер, один из активных приверженцев этой версии, пытается доказать, что «между христианством и дохристианской историей развития человечества нет другого идейного пункта соприкосновения, кроме греческой философии». Мысль о том, что эпикуреизм — теоретический источник христианской идеологии, поддерживалась и Ницше. Для этого реакционного мыслителя доктрина афинского философа была «предсуществованием христианства», ибо учение Эпикура и учение Христа созданы (как это представлялось Ницше) «для слабых и робких». Сей злосчастной идее или ее модификациям отдадут дань и такие крупные (и вполне благожелательно к Эпикуру настроенные) исследователи, как американец Де-Витт и итальянец Этторе Биньоне. В своей работе «Эпикур и эпикуреизм» Де-Витт старается сблизить эпикурейскую философию и христианскую религию на том основании, что и та и другая «пытались лишить смерть ее жала». Однако следует помнить, что христиане и эпикурейцы предлагали совершенно различные «рецепты» для достижения этой цели. Первые «преодолевали» смерть обещанием загробного воздаяния, для вторых — смерть абсолютный конец личности. На этой основе складывалась самая гуманистическая этика античности, целью которой было достижение счастья человеком здесь, на Земле.

Книга Де-Витта вышла в середине 50-х

годов. Советский исследователь В. Рожницын, выступивший с публикациями по эпикурейской философии еще в 20-е годы, как-бы предвидя аргументы идеалистов, дает им решительную оповедь. Христианство апостола Павла, указывает он, исходило из мнения, прямо противоположного эпикуреизму. «Я боюсь страданий и смерти. Поэтому я верю в помощь бога и воскресение из мертвых. Иначе жизнь была бы невыносимой». Эта христианская мораль возникла из неспособности сопротивляться страданию и страху смерти. Это была мораль людей, недостаточно сильных, чтобы усвоить материалистический героизм этики Эпикура<sup>1</sup>.

Эпикур — «предшественник» Христа? Чтобы понять, насколько ошибочно такое допущение достаточно рассмотреть критику христианства в первые века его становления. Цецилий опровергает религиозные доктрины с позиций эпикуреизма<sup>2</sup>. Да и сами христианские идеологи чувствовали, насколько враждебно им атеистическое учение Эпикура. «Если бог существует, то он есть бог — промыслитель... Если он (Эпикур — Я. П.) отрицает промысел, то этим отрицает также и то, что бог существует» (Лактанций)<sup>3</sup>. Отцы церкви «чуют» безбожный характер эпикурейской философии.

Повсеместное развитие «чувства своей брешности и бессилия, потребность в покаянии и в утешении»<sup>4</sup> — были продуктами эллинистических веков, веков глубочайшей потерянности и безнадежности. Так возникло христианство. Оно продержалось века, ибо старалось объяснить угнетение и несчастье человеческого общества и — главное — утешало угнетенных и несчастных надеждой на блаженство, купленное страданием в этой земной жизни. «Христос победил по-

<sup>1</sup> См. «Путь просвещения», Харьков, 1922, № 2, стр. 81. «Материализм против идеализма, — пишет В. Рожницын, — Эпикур против Христа!... Блаженный Августин, выбирая между Христом и Эпикуром, стал на сторону этического идеализма против этического материализма не потому, что нашел более высокое учение, а по той причине, что чувствовал себя вынужденным пожертвовать большей ценностью ради меньшей, ибо она не налагала таких обязательств и такой ответственности и обещала автоматическое спасение, между тем как материалистическая этика требовала нравственного героизма» (Там же, стр. 79).

<sup>2</sup> См. А. Раносич. Античные критики христианства, стр. 107—109.

<sup>3</sup> Цит. по А. Фейербаху. Избр. философ. произведения, т. II, стр. 350.

<sup>4</sup> Т. Дройзен. История эллинизма, стр. 382.

тому, что потерпел поражение Спартак»<sup>1</sup>. «Павел победил потому, что потерпел поражение Эпикур»<sup>2</sup>. «Христианству предшествовал полный крах античных «мировых порядков»<sup>3</sup>.

Но достижения античной атеистической мысли продолжали «работать» на историю. Эпикуровское представление, что «всемогущее и всеблагое божество» стоит в противоречии с глубочайшим общественным неустойчивым миром, было воспринято крупнейшими мыслителями последующих веков. Вольтер, основываясь на идеях Эпикура, спрашивал: «Почему существует столько зла, если все создано богом, которого атеисты единодушно именуют благим?». Юм пишет: «Старые вопросы Эпикура еще ждут ответа. Быть может, Божество хочет, но не в состоянии предупредить зло? — значит, оно не всемогуще. Если оно может это сделать, но не хочет? — значит, оно не доброжелательно. Если же оно хочет и может? — тогда откуда же зло?»<sup>4</sup>.

Замечательный французский атеист XVIII в. Сильвен Марешаль в качестве основного аргумента против бога также выдвигал довод Эпикура о существовании зла на Земле. «Если бы был бог, разве преступный богач смел бы мерить наглым взором униженного праведника». Либо бог, писал французский философ Гольбах, ссылаясь на высказывания Эпикура, хочет бороться со злом, но это ему не удается (но тогда он не всемогущ), либо он и не хочет, и не может (но тогда он и не всеблаг и не всемогущ). «Отослать богов, — как это сделал Эпикур, — в дальние миры и погрузить их там в состояние глубокого безразличия — вполне честный способ разделаться с ними»<sup>5</sup>. «Божество Эпикура, пребывая в праздности в эмпиреях, равнодушно смотрит на то, как смертные ползают по земле, подобно рою жалких насекомых, которые играют на куче песка и глупые игры которых несколько не затрагивают его. Если это так, то правильно изречение Эпикура, что вечное и блаженное существо ни

само не испытывает забот, ни доставляет их другим...»<sup>1</sup>.

Байроновский Каин задает о боге вопрос прямо «по Эпикуру»:

Отец мой говорит: он всемогущ.

Он весь добро. — зачем же зло есть в мире?

Много позже Ромен Роллан в своем дневнике записал: «Он (бог) был бы слишком преступен, если бы существовал». Не трудно видеть в этих высказываниях аргументацию явно эпикурейской направленности.

Естественно было ожидать острой реакции идеалистов и церковников на учение древнего афинского философа. Так оно и оказалось. Трудно, кажется, назвать другого такого мыслителя, которого бы так ожесточенно бранили или пытались «переделать», причесать под «свою гребенку» недруги, как Эпикур.

Современные попы продолжают борьбу с античными безбожниками (в том числе и с Эпикуром), по выражению В. И. Ленина, «как с живыми». Система Эпикура, полагает итальянец Гаэтано Брага, религиозна. Такой же ее считают и француз Фестиге и уже упоминавшийся немецкий философ-идеалист К. Ясперс. Вместе с тем, Брага «не удовлетворен» учением древнего мыслителя, считая, что «эпикуреизм со своей убежденностью в смертности души разрушает веру»<sup>2</sup>, а так как боги, по учению Эпикура, не помогают человеку, то неизбежен пессимизм, ибо человек бессилен перед окружающим его миром. Но правоверному Браге не дано понять, что человеческие дела оказываются чисто человеческими и решение их подвластно только их усилиям. Для человека, не ослепленного верой, подобное сознание поражает понимание ценности своей жизни. Лишая его всяких иллюзий относительно «промысла божьего», оно заставляет его уповать на единственные гаранты счастья — труд, разум, волю.

\* \* \*

Эпикур принадлежит к вечно живущим именам истории, и каждая эпоха произносит о нем свое суждение. И в наше время его учение действительно разоблачает религиозный обман церковников, идеалистов всех толков и оттенков. «Значение Эпикура, — писал В. И. Ленин, — борьба с *Aberglauben* (суевериями — Я. П.) греков и римлян — а современных попов?»<sup>3</sup>.

УДК 211

<sup>1</sup> *Ж. Робинс*. Там же, стр. 515—516.

<sup>2</sup> *G. Braga*. Studi su Epicuro, 1949, p. 106.

<sup>3</sup> *В. И. Ленин*. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 268.

<sup>1</sup> *Ш. Эпилен*. Происхождение религии, 1954, стр. 118.

<sup>2</sup> *А. Робертсон*. Рационализм в теории и на практике, стр. 185.

<sup>3</sup> *К. Маркс и Ф. Энгельс*. Соч., т. 7, стр. 211.

<sup>4</sup> *Д. Юм*. Диалоги о естественной религии, М., 1909, стр. 129.

<sup>5</sup> *Д. Дидро*. Цит. по книге «Французские просветители о религии», 1960, стр. 401.



## В ГОРАХ КАВКАЗА

**Под кронами букового леса \*Красоту надо беречь\* Эталон богатейших природных ресурсов \*Как был восстановлен кавказский зубр\* Туристские маршруты пересекают живописнейшие места гор**

**В**ысоко в горах Северо-Западного Кавказа расположен Кавказский заповедник — один из крупнейших горно-лесных заповедников Советского Союза. В мае 1964 г. исполнилось 40 лет со дня его организации.

Заповедник занимает участок типично горного рельефа общей площадью 266 тыс. га, в западной части Главного Кавказского хребта по его северному и южному склонам.

В восточной части заповедника, как седые исполины, высятся самые мощные вершины, многие из которых превышают 3000 м. Повсюду следы деятельности древних ледников: трог — корытообразные с крутыми бортами долины, моренные отложения, ледниковые цирки, многие из которых заняты озерами, ледниками, вечным снегом или заполнены обломками горных пород. Над ними — скалистые остроконечные пики, зубчатые узкие гребни.

В солнечный летний день на фоне синего южного неба эти кажущиеся близкими вершины влекут своей неизведанностью, но становятся суровыми и неприступными в непогоду. Пятна снега лежат по ложбинам и те-

невым склонам все лето. Ледники и снежники питают многочисленные водные потоки, стремящиеся вниз по склонам. Множество водопадов, больших и малых, то грозных и рокочущих, то звенящих и переливающихся на солнце всеми цветами радуги, падают по отвесным стенам и порогам. Бурные реки стремительно несут по каменистым руслам и тесным ущельям свои воды в равнины Прикубанья.

Долины крупных рек (Большой Лабь и Белой) и их притоков (Малой Лабь и Киши) расчлениают северный склон Главного хребта на отроги. Пересекая ряд постепенно снижающихся к северу хребтов, они впадают в р. Кубань, а реки южного склона — Мзымта, Сочи и Шахе впадают непосредственно в Черное море.

Сложный рельеф заповедника и различная удаленность отдельных его частей от Черного моря определяют неоднородность климата. Наиболее обильные осадки выпадают на черноморских склонах Главного хребта. Здесь в высокогорье годовая их сумма может превышать 3000 мм. Западная часть заповедника также отличается обилием



Пихтарник в долине р. Мастык на склоне хребта Мастакан

Фото А. Анжанова

осадков. По мере продвижения на восток их становится все меньше — до 700—800 мм. Зимой в высокогорье скапливаются огромные массы снега. Сильные ветры переносят его, обнажая отдельные участки склонов и наметая на хребтах мощные надувы или карнизы. Весной здесь можно наблюдать одно из грандиознейших явлений природы: надувы, подтаявшие на солнце, срываются с крутых склонов и с грохотом несутся лавинами вниз, сметая все на своем пути.

Большая часть заповедника покрыта лесами. Нижние части гор заняты широколиственным лесом из бука, дуба, а на южном склоне — каштана. Особенно величественную картину представляют собой буковые леса — тенистые и торжественно молчаливые. Колонновидные светло-серые стволы бука несут густые широкие кроны, высоко вверху смыкающиеся в плотный шатер. В таких местах под пологом леса царит сумрак, поэтому нередко отсутствует травянистая растительность.

В полосе широколиственных лесов часто встречаются дикie плодовые породы: груша, яблоня, алыча. В конце лета и осенью их спелые плоды усыпают землю сплошным

ковром и служат прекрасным кормом для кабанов и медведей.

Среди лесов заповедника преобладают пихтовые. Кавказские пихтарники поражают своей мощностью: отдельные деревья пихты достигают 50 м в высоту и 2 м в диаметре. Обычно они увешаны седыми прядями лишайника-вислянки и сквозь их густые кроны с трудом проникает солнечный свет. Типину леса нарушает лишь стук дятла да временами резкие крики сойки. Под пологом леса можно встретить такие типичные северные виды, как кислица, грушанка, рядом с представителями древней третичной флоры — вечнозелеными кустарниками падубом и понтийским рододендром.

Лиана-плющ покрывает стволы некоторых деревьев густой сетью своих цепких стеблей. Местами сплошные заросли ежевики затягивают поверхность почвы, скрывая лежащие на земле стволы лесных великанов, отживших свой век. Начиная с высоты 1700 м над ур. м. облик пихтарников постепенно меняется: деревья становятся менее мощными, вершины их нередко сохнут, полог древостоя изреживается, все больше появляется полян и прогалин, занятых мощным лес-



Белоголовый сип в заповеднике

Фото В. Котова

ным крупнотравьем. На высоте 1900 м пихтовый лес уступает место своеобразным «парковым» высокогорным кленовникам, названным так за неравномерное, групповое расположение деревьев. Каждая группа — это «гнездо» стволов, связанных единой корневой системой. Пышный травяной покров с преобладанием сочных трав и папоротников окружает деревья. По долинам рек, ложбинам, лесным полянам и опушкам у верхней границы леса встречаются заросли гигантских трав, получивших название «субальпийского высокотравья». Состав их довольно разнообразен. Часто встречаются реликтовые и декоративные виды: телекия, лилии, колокольчики. Высота таких зарослей нередко достигает 2,5—3 м. Особенно удивительное впечатление производят борщевики, образующие стебли до 3,5—5 м длиной и 8—10 см толщиной, с листьями длиной 120—150 см и соцветиями-зонтиками 50—80 см в диаметре. Участки кленовников чередуются и сменяются выше по склону березовым и бу-

ковым криволесьем — высокогорным форпостом леса. Стволы берез, рябин, бука, клена, испытывающие на этих высотах громадное давление многометровой толщи снега, приобрели саблевидную форму, наклоняясь вниз по склону. Высота деревьев не превышает здесь 5—10 м.

Дальше открывается широкий простор высокогорий. Значительные площади здесь занимают заросли вечнозеленого кустарника — кавказского рододендрона, начинающиеся еще под пологом березового криволесья. Широкие, более или менее ровные склоны одеты настоящими субальпийскими лугами. Видовой состав их очень разнообразен. В течение всего вегетационного периода одни цветущие растения сменяются другими, отчего склоны гор периодически меняют цветовые оттенки.

Растительность альпийского пояса отличается миниатюрностью и своеобразным флористическим составом, обусловленными суровыми климатом и каменистостью грунта. Большую роль здесь играют мхи и лишайники. Их сплошной покров с участием карликовой ивы, черники, брусники, водяники и «оленевого мха» напоминает северную тундру.

Выше лежит субнивальный пояс — область голых скал и каменистых осыпей. Нивальный пояс охватывает горные хребты, покрытые вечными снегами и льдами.

Значительная расчлененность рельефа, а также положение заповедника на стыке двух ботанико-географических провинций обусловили исключительное видовое разнообразие флоры, богатство ее эндемиками и реликтами. Здесь насчитывается свыше 1400 видов высших растений. Среди них множество плодовых, орехоносов, пищевых, кормовых, лекарственных, красильных, дубильных, медоносных, витаминоносных и декоративных. Число эндемичных растений составляет около 20% общего числа видов. Особый интерес представляют такие древнетретичные реликты, как тис, понтийский рододендрон, лавровишня, падуб, колхидский плющ, кавказская черника и др.

Кавказский заповедник представляет исключительную научную ценность как эталон богатейших природных ресурсов Северо-Западного Кавказа, не затронутых хозяйственным вмешательством человека. Сотрудники заповедника ведут постоянную научную работу. Они изучают типологическое разнообразие лесов и их водоохранно-почво-



Зубр в Кавказском заповеднике



Туры на скалистых склонах в заповеднике

Фото И. Константинова

защитную роль, процессы естественного возобновления древесных пород и их биологические особенности. Изучаются высокогорные луга и почвенный покров.

Одной из самых важных задач считается восстановление запасов ценных животных. Можно определенно сказать, что лишь создание заповедника спасло от поголовного истребления оленя и некоторых других животных. На его территории обитает 59 видов млекопитающих и 192 вида птиц, из них гнездящихся — 121. Здесь можно встретить такие ценные виды, как зубр, кавказский олень, западнокавказский тур, серна, кабан, медведь, косуля, куница.

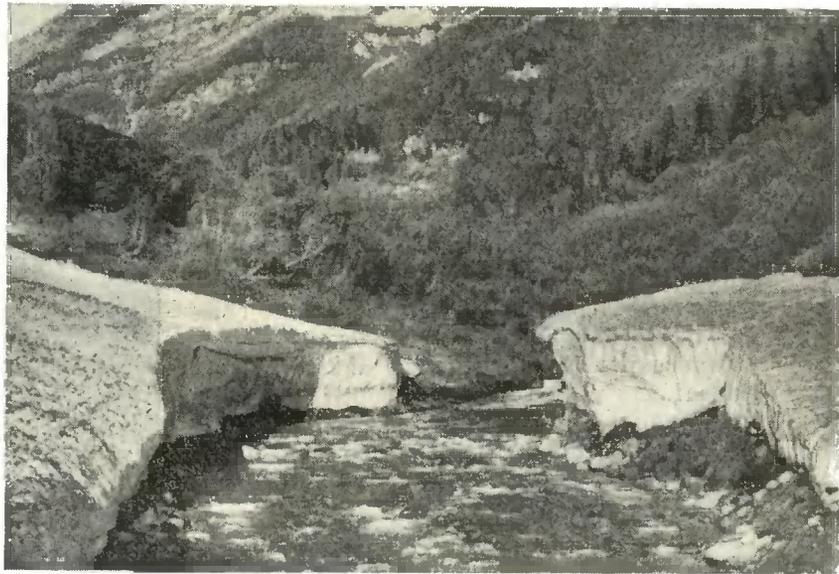
Затянувшаяся организация заповедника помешала приостановить истребление кавказского зубра — последний представитель был убит в 1927 г., т. е. уже в период официального существования заповедника. С 1940 г. начались работы по восстановлению этого вида, для чего из Аскании-Нова было привезено 5 зубро-бизонов: 4 самки и 1 самец. До 1952 г. животные находились в загоне в Качинском зубровом парке, получая усиленную подкормку. Через год часть стада была выпущена на волю в долине Малой Лабы. Работа по созданию вольного стада диких зубров в основном уже выполнена. В 1964 г. в заповеднике их насчитывалось уже 356 голов. Зубры в значительной степени одичали. Им стали свойственны широкие сезонные перекочки — от альпийского пояса до широколиственных лесов предгорий. В районе Кишиневского зубрового парка они освоили значительную территорию за пределами заповедника, куда спускаются на зимовку. Перед научными сотрудниками стоит задача изучения экологии этих животных и разработка методов их учета.

Олень в период организации заповедника тоже был на грани истребления. Несколько лучше обстояло дело с туром, которого спасло лишь то, что он обитает в труднодоступных для человека горных районах и охота на него очень сложна. С созданием заповедника численность этих видов заметно возросла. В 30-е годы на заповедной территории насчитывалось около 1000 оленей

и более 1500 турок. В 1939 г. оленей было уже более 2000, турок 6800 (по И. В. Жаркову). В настоящее время оленей насчитывается более 6 тыс. голов.

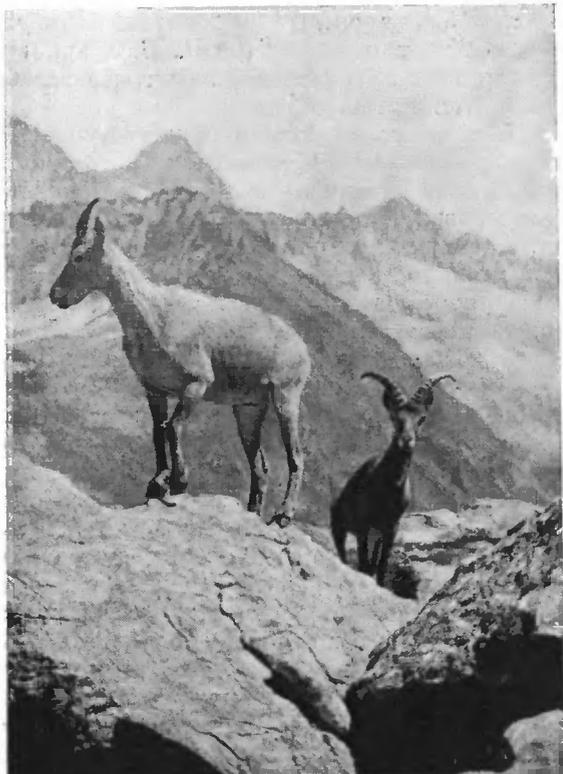
Чаще всего их можно увидеть осенью, в период гона. Перед рассветом, когда долины рек еще затянуты молочной пеленой тумана, раздается первый призывный рев оленя, протяжный и дикий. С другого склона доносится ответный зов, другой, третий... и вот уже лес гудит от могучего «хора», усиливающегося эхом. Днем рев стихает, а вечером возобновляется с новой силой. Постепенно около самцов собираются «гаремы» самок. Из-за них происходят ожесточенные драки. Туров — обитателей высокогорья — в заповеднике сейчас около 15 тыс. В последние годы нередко встречаются особенно крупные стада, насчитывающие до 300 голов. Научные сотрудники заповедника проделали большую работу по изучению их экологии. В предвоенные годы были разработаны методы учета, в последние годы возобновлены исследования, связанные с выяснением факторов, определяющих динамику численности оленя и тура, разработаны методы отлова, транспортировки этих животных.

Довольно обычна в заповеднике серна. Встречается она как в скалистых участках леса, так и в субальпийском и альпийском поясах.



С гор стекает бурная речка Уруштен

Фото В. Котэва



Туры легко и быстро взбираются по самым отвесным склонам

Фото И. Константинова

Кабан и медведь совершают широкие сезонные миграции, связанные с урожаем кормов.

Они постоянно переходят с места на место и особенно осенью выходят в соседние предгорные леса, где их и отстреливают охотники. В связи с этим численность их не только не увеличивается, а наоборот — медведей становится все меньше. Если до войны проф. А. А. Насимович полагал, что в заповеднике держится 1000 медведей, то сейчас их насчитывается едва 2000.

Заповедник имеет большое значение как резерват для таких пушных зверей, как лесная курица. Достаточно отметить, что в прилегающих районах добывается более 50% всех куниц, заготавливаемых в Краснодарском крае.

Из орнитофауны украшением заповедника служит кавказский тетерев и кавказский улар, melodичные крики которого далеко разносятся по труднодоступным скалистым участкам альпийского и субнивального

поясов. Часто можно увидеть парящих на высоте 2—3 тыс. м белоголовых сипов, а изредка и бородача-ягнятника.

Чудесные горные пейзажи и девственная природа привлекают к себе множество туристов. Семь туристских маршрутов пересекают заповедник по наиболее живописным местам. Ежегодно здесь проходят десятки тысяч экскурсантов, унося с собой незабываемое впечатление об этом прекрасном уголке нашей Родины.

Большой популярностью среди отдыхающих на Черноморском побережье пользуется филиал Кавказского заповедника — Хостинская тиссо-самшитовая роща — уникальный участок сохранившейся древней природы.

К. Ю. Голгофская  
В. А. Котов

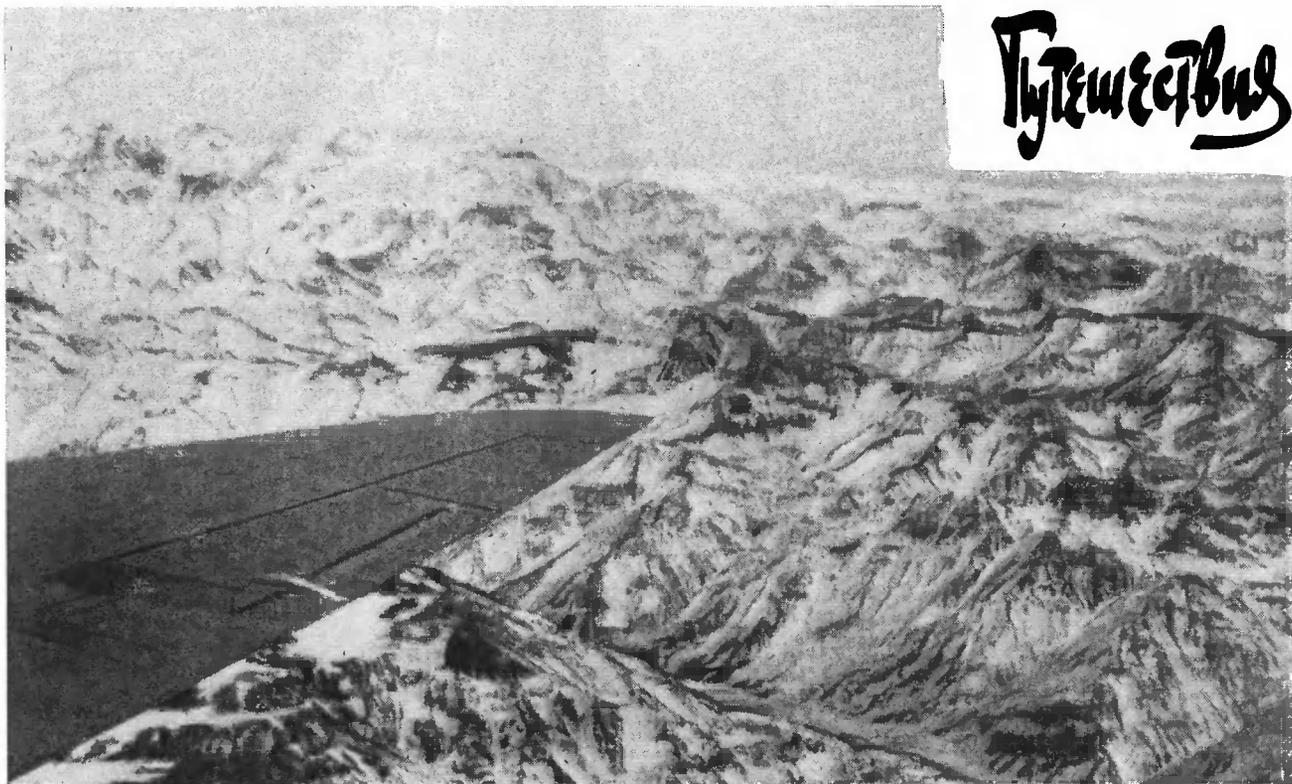
УДК 502.72

Кавказский госзаповедник



Кавказский олень подлежит полной охране

Фото В. Котова



Заснеженные Анды

## ДВА ДНЯ ПО АТАКАМЕ

СЛЕВА — ТОЛЬКО ВОДА, СПРАВА — ТОЛЬКО ГОРЫ

Чили расположено с «другой стороны» земного шара и от Москвы до этой страны, в общем одинаково далеко, с какой бы стороны ни лететь. Один раз я пролетал над ней с севера, и видел Чили только с воздуха, другой раз я прилетел в Сантьяго из Буэнос-Айреса, и на этот раз мне удалось немного познакомиться и с людьми, и со страной. Правительственные организации Чили устроили для членов Консультативного Комитета ЮНЕСКО по Аридным зонам экскурсию в район пустыни Атакамы, в Северном Чили.

Наши гостеприимные хозяева были внимательны к заморским гостям во всем, вплоть до мелочей. Когда в Сантьяго была

объявлена посадка на самолет Чилийской авиакомпании «Лан-Чили», нас провели первыми и рекомендовали занять места с правой стороны: самолет пойдет вдоль берега и слева будет только вода, а справа можно будет увидеть всю страну.

Так мы и сделали. И верно, от Сантьяго самолет вышел к океану в районе Вальпараисо и, развернувшись, пошел вдоль побережья на север, держась чуть в стороне от материка. Действительно, если пролететь один раз над Чили, можно увидеть сверху практически всю страну, очертания которой удивительны.

Если положить контур Чили на карту Советского Союза, то этот контур займет ог-



Автофагаста. Приморский бульвар

ромное расстояние, скажем от Москвы до Байкала. Но это, так сказать, страна в длину, а в ширину получается полоса примерно как от Москвы до Серпухова или от Ленинграда до Луги. Правда, на юге Чили или в районе Антофагасты эта полоса несколько расширяется. С самолета почти везде видны одновременно оба ее рубежа — восточный и западный, а вдоль надо лететь многими часами. Вот мы и летим — от Вальпараисо, на север, до Антофагасты...

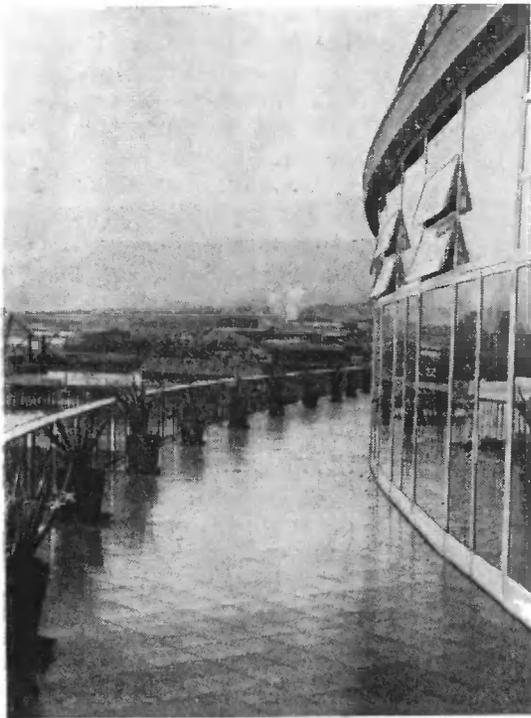
Зрелище поразительное. Слева — только безграничная вода, по которой прошлыл Кон-Тики. Под нами изменчивые краски вечного океанского прибоя, вдоль которого неотступно тянется невысокая береговая кордильера. За ней — сплошь орошаемые поля. В какой-бы части света они ни находились, их общий облик всюду одинаков. Все подчинено рисунку оросительной сети — меняется этот рисунок, меняются квадраты полей. Большие квадраты — богатый помещик, квадраты поменьше — победнее, а мелкие лоскуты неправильной формы по краям долины или вовсе на косогорах — сельскохозяйственная нищета. Дальше к востоку блестит на солнце ослепительной красоты цепь снего-

вых Анд, высокая кордильера, над которой господствует сверкающая снежная шапка могучей Аконкагуа.

Конец сентября — весна: высокие горы под снегом, в долинах свежая зелень, поразителен по краскам и Тихий океан. Мечешься от правых окон к левым, чилийцы вежливо улыбаются и всячески стараются способствовать твоим стремлениям увидеть все сразу и одновременно смотреть и налево, и направо, они-то уже привыкли к этой красотище!

Летать над горами всегда особенно интересно. Четырехмоторная машина быстро переносит нас из зоны субтропиков центрального Чили в аридные районы, расположенные севернее. Долины становятся все более безводными. Зеленые контуры орошаемых земель превращаются в небольшие заплатки на буром фоне засушливых пустошей, горные склоны оголяются, совсем исчезает облачность и, наконец, мы оказываемся над пустыней Северного Чили — самой сухой на земном шаре, но прохладной, межгорной пустыней.

Краски геологии «вылезает» наружу — почвенный и растительный покров их почти



Веранда над водами Тихого океана в гостинице «Антофагаста»

не маскирует — отчетливо видны разноцветные полосы геологических структур — красные, зеленые, лиловые. Пестрая гамма меняющихся красок замыкается на востоке снегами Анд, за которыми лежит Аргентина. Тот же красочный мир, которым за несколько дней до этого я любовался, пролетая над Тибетом! Я знаю только одного художника, таланта и упорства которого хватило для того, чтобы в полной мере передать краски и настроения такого мира — это Николай Рерих.

### «ЧИЛИЙСКИЙ КРАСНОВОДСК»

Антофагаста, город примерно на 100 тыс. жителей, очень напоминает наш Красноводск. Так же, как и Красноводск, Антофагаста прижата бесплодными мрачными уступами береговой кордильеры к морю, так же весь город построен из камня, а строевой лес надо привозить морем издалека, так же

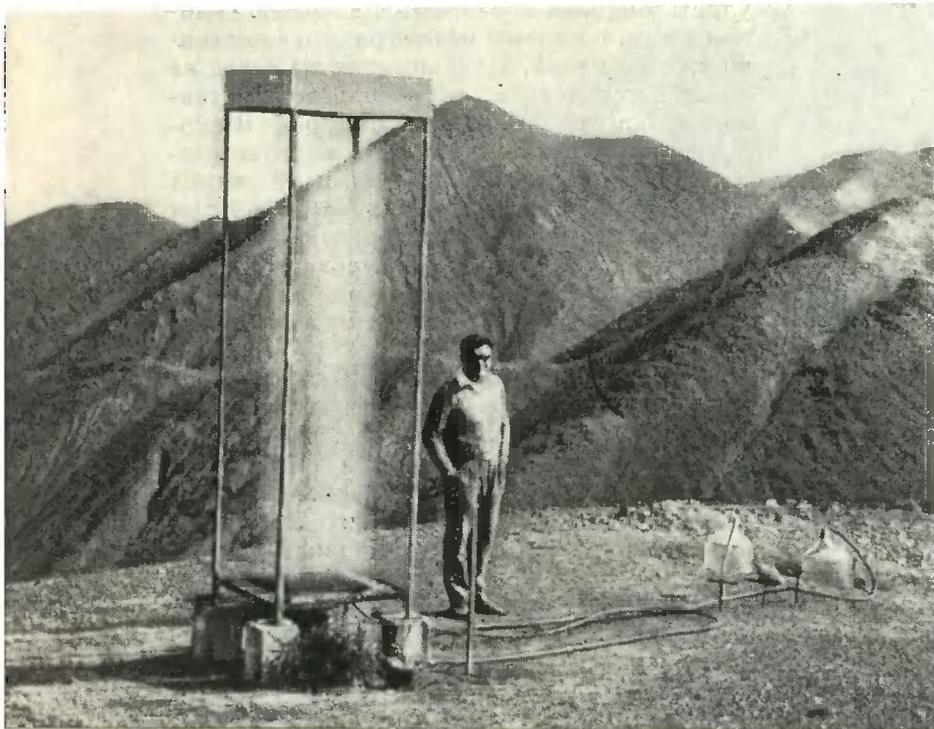
улицы у окраин карабкаются вверх по склонам и там, подальше от центра, это собственно уже и не дома, а хибары, так же город не имеет пресной воды, и трубопровод доставляет ее из Анд за сотни километров. В экономическом отношении это, в первую очередь, перевалочный порт, дающий выход сырью с горнорудных предприятий внутри материка. В городе нет зелени, и только прекрасный приморской бульвар составляет гордость горожан, предмет их особых забот, и демонстрируется как музейный экспонат.

Из первоклассной гостиницы, веранды которой висят над океаном, открывается широкий вид и на город и на залив: здесь всегда слышен шум океанского наката и недалеко от берега пеликаны и еще какие-то огромные черные птицы, не боясь, что их кто-нибудь подстрелит, заняты рыбной ловлей.

К сопровождающим нас из Сантьяго чилийцам присоединяются не менее гостеприимные руководители местных научных учреждений, среди которых выделяется импозантная фигура падре Альфонсо Салас, одного из руководителей Северного университета, филиала Вальпараисского католического университета. Падре лихо ездит на своем большущем лимузине, просторная серая сутана отлично сидит на крупной упитанной фигуре и нисколько не стесняет его движений. В кратком разговоре он сожалеет, что советские ученые здесь очень редкие гости и что советские научные работы почти к ним не попадают.



Новый район Антофагасты. На крыше здания — распределительный резервуар для воды



Опытный конденсатор из нейлоновых нитей. Прибрежная кордильера в районе Антофагасты

#### СИНТЕТИКА И ДИСТИЛЛИРОВАННАЯ ВОДА

На машинах мы выезжаем на восток, в сторону пустыни Атакама. Береговой хребет невысокий, едва достигает 1000 м. Дождей здесь очень мало и они не определяют характера растительности. Однако здесь часты туманы; небольшие лепешки облаков нередко подолгу лежат в прибрежных горах и питают редкую засухоустойчивую растительность.

Забираемся по крутому склону на одну из вершинок. Здесь стоят странные сооружения: на небольших стойках высотой около 3 м натянута нейлоновая нить. Под ними водосборные лотки, от которых тянутся резиновые трубки в большие стеклянные бутылки. Одна стойка стоит на бочке и резиновая трубка из нее направлена к зеленеющему поблизости кусту. На каждой стойке бирка с патентным номером. Это опытные конденсаторы. Малюсенькая капелька влаги, осевшая на нить, под влиянием собственной тяжести начинает скользить вниз, быстро увеличиваясь и тяжелея от соединения с ниже расположенными капельками. Наблюдения ведут сотрудники Северного филиала Валь-

параисского университета. Пытаюсь выяснить у них расчетные данные. Мне резонно объясняют, что они — результат многих факторов: длины нитей, их густоты, площади установки. Для каждой стойки можно привести данные о сборе воды: вот с этой стойки за сутки, когда была облачность, а дождя как такового не было вовсе, стекло около 40 л. Пожалуйста, вот эта вода в бутылке, можете попробовать. Мне обещают научный отчет об этих опытах. И вот у меня в руках небольшая книжечка, изданная на рогопринте на испанском языке<sup>1</sup>.

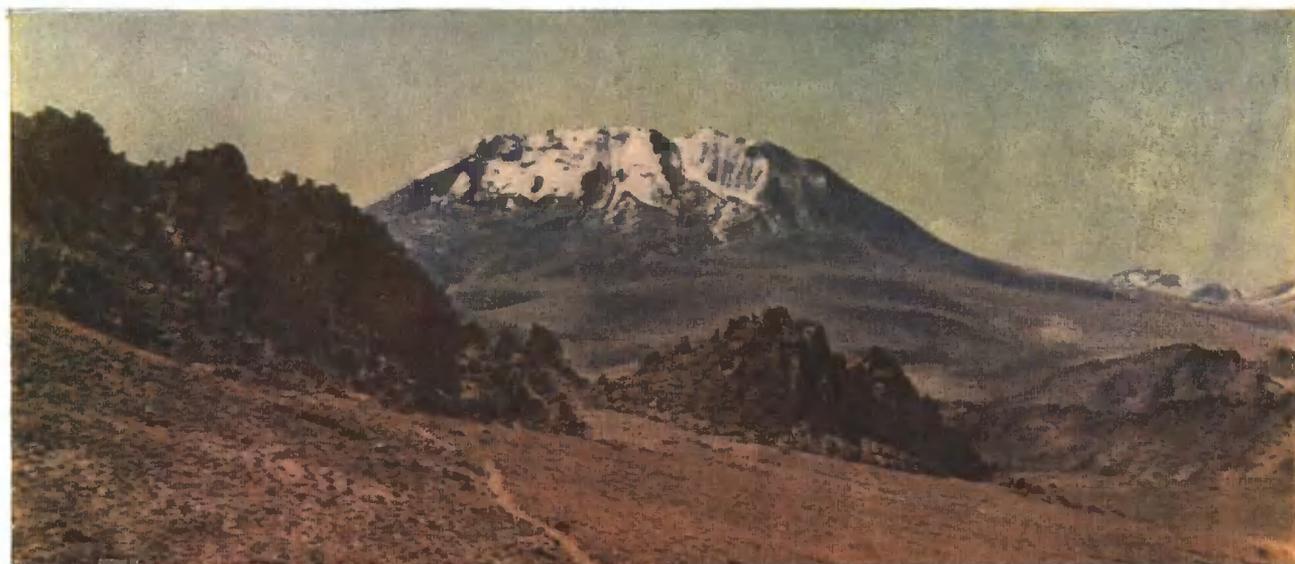
Вспоминаю кучи камней в Крыму, о которых немало написано, но никто еще не смел доказать определенно, что они собирают именно конденсационную, а не дождевую воду. Вспоминаю железные оцинкованные крыши восточноприкаспийских поселков. Вокруг всей крыши обязательно

идет сплошной желоб и с одного угла кровли ныряет в бочку, закрытую на замок. Наверняка там собирается не только влага редких дождей, но и довольно частых туманов. Думаю, что в районе Красноводска каждая стойка с нейлоновыми нитями может обеспечить пару плодоносящих виноградных кустов или что-нибудь в этом роде. Раз затратив средства на такую стойку, вероятно, можно неограниченно долго собирать дистиллят. Надо бы попробовать.

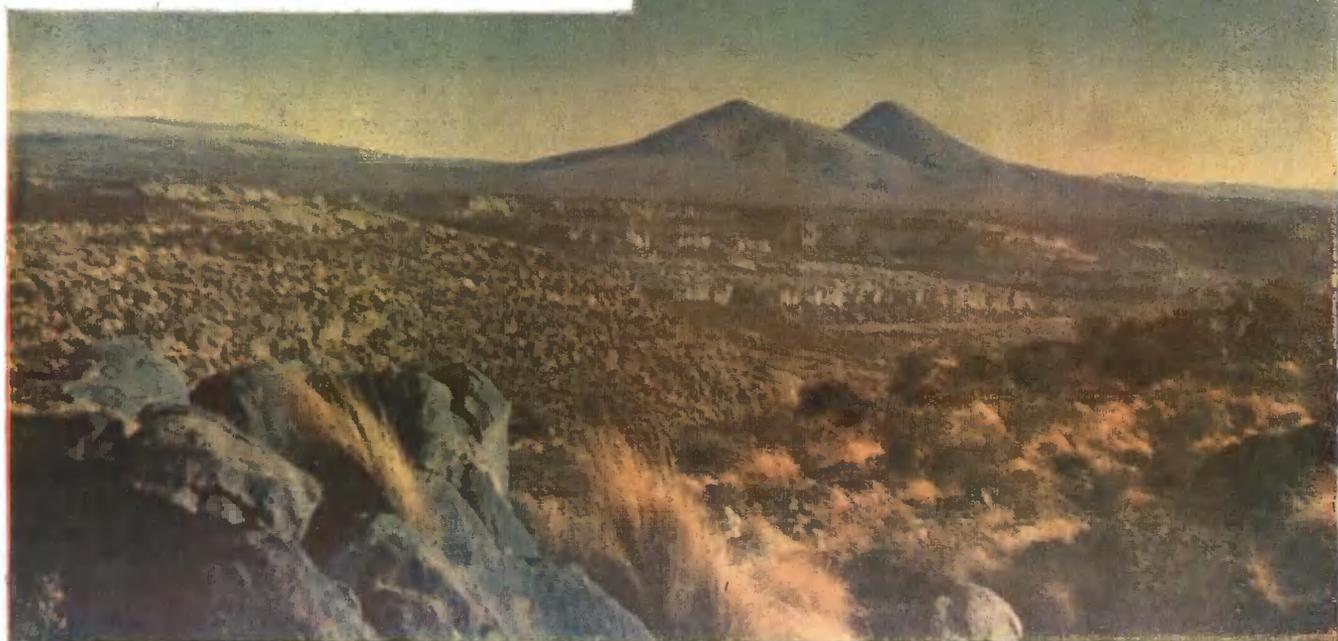
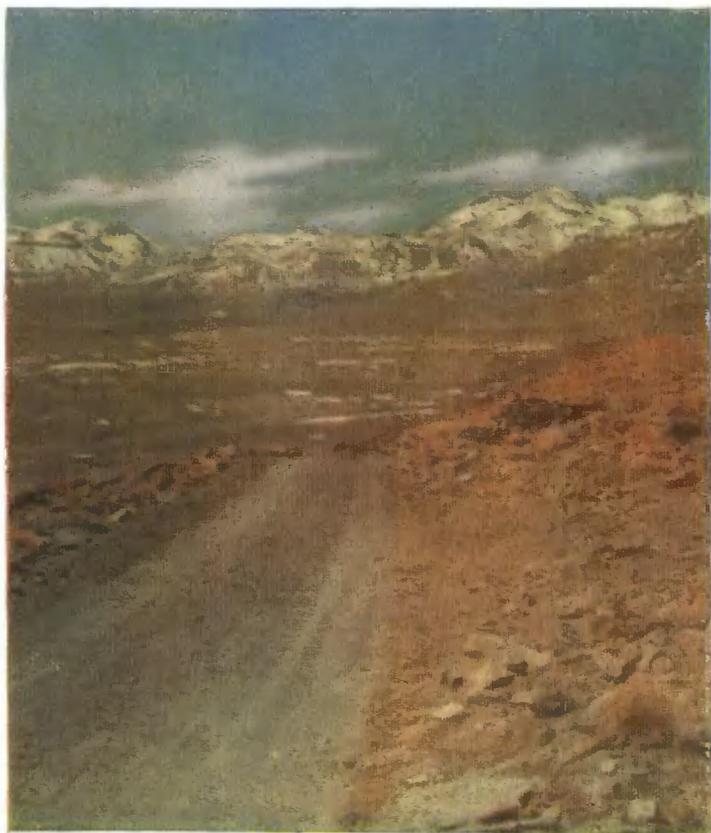
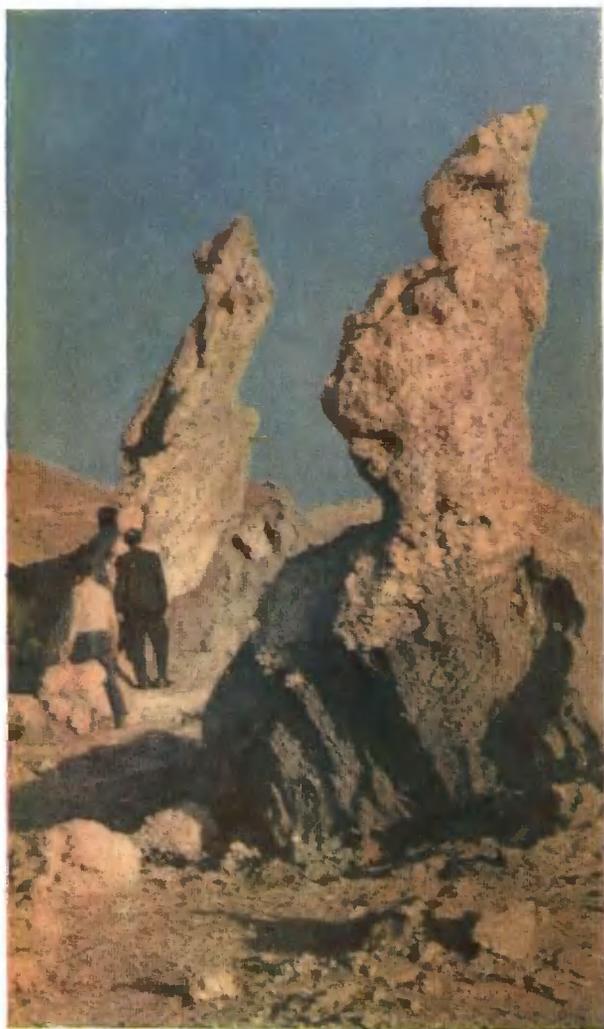
Однако подобные «уловители влаги» возможны только в полосе прибрежной кордильеры. Дальше в глубь материка туманы не заходят, а влажность воздуха так мала, что конденсационный водосбор почти невозможен.

Постепенно и без того редкие прижатые к земле засухоустойчивые кустарнички во-

<sup>1</sup> Universal del Norte. Filial V. C. V. Captacion de Agua de la Neblina, R. P. German Saa S. J. Ing. Miguel Valdes L. Antofagasta, 1963. Северный университет. Филиал Вальпараисского Католического университета. Каптаж воды из тумана. «R. P.» значит «почтенный отец», «SJ» — орден иезуитов, «Ing» — инженер.



В Северном Чили вулканы, снег и пустыня — рядом. Вулканические конусы (*сверху и в середине*). Подземное тепло вулканов вырывается наружу. Гейзер в действии (*внизу*)



Формы солевого выветривания вблизи Большого Атакамского солончака (*вверху, слева*). Высокая межгорная долина в районе стыка границ Чили, Боливии и Аргентины (*вверху, справа*). Вероятно, вулканические ландшафты во всем мире сходны. Два вулканических конуса над лавовым плато очень напоминают виды Закавказья (*внизу*)

все исчезают. Построенное здесь неплохое асфальтовое шоссе не требует особых забот: водостоков, труб, мостов на нем нет — дождей практически никогда не бывает. Широкие плоские долины без рек и русел разделены невысокими хребтами. Плотнo сцементирован засоленный грунт, по которому машина может проехать почти в любом направлении и без дороги. Ни кустика, ни травки. Местами встречаются солончаки — саланар, как их здесь называют. Рядом с дорогой на большом протяжении уложены цементные трубы большого диаметра. Во многих местах трубопровод прерывается. Нам разъясняют: в целях удешевления стоимости водовода была сделана попытка заменить металлические трубы цементными. Из этого намерения ничего не получилось, цементные трубы не выдерживали напора, их пришлось бросить и вернуться к стальному трубопроводу, проложенному рядом на небольшой глубине.

Неподалеку от автомобильной дороги тянется узкоколейка горнопромышленной компании, добывающей медную руду и другие ископаемые на вывоз (не знаю, какие цели преследует ярко-оранжевая окраска тепловозов — только ли эстетические, или еще какие?).

### СОЛНЕЧНАЯ МАШИНА

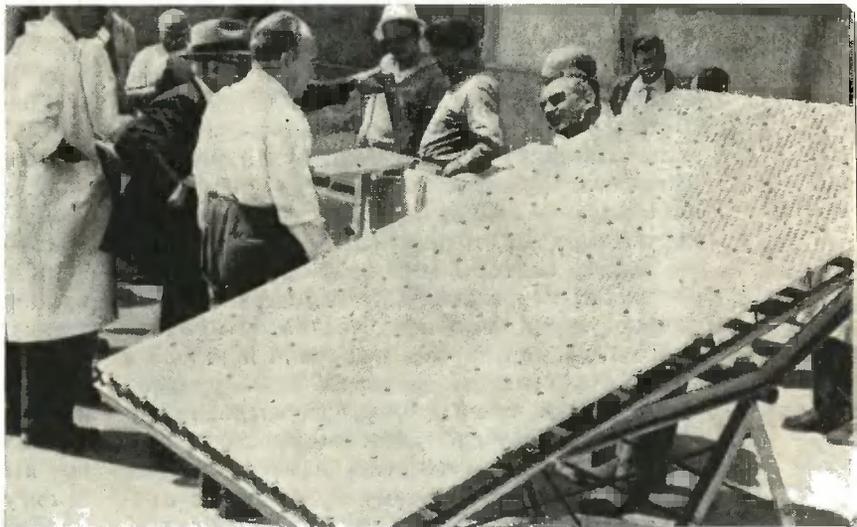
Приблизительно на сотом километре расположен небольшой рудничный поселок. Воду он получает из того же водовода. В пустой, запущенной таверне, где устраивают перекур шоферы, выпиваем по бутылке пива. На окраине поселка — полицейский пост. Нас ведут туда; пересекая двор, проходим через конюшню и попадаем в небольшой дворик с высокой оградой. Здесь в безопасности от случайных любопытных установлены хрупкие приборы, преобразующие солнечную энергию: это опытная станция того же Северного филиала Вальпарайского университета. На двух наклонных рамах смонтированы пластины из полупроводниковых диодов, преобразующие солнечное тепло в электроэнергию. Одна пластина площадью  $0,3 \times 0,3$  мм приводит в действие небольшой насос. Другая пластина, площадью  $2,4 \times 1,5$  м, вырабатывающая электро-

энергию в  $29 \text{ а} \times 2 \text{ в}$ , заряжает аккумуляторные пластины, установленные в специальном ящике.

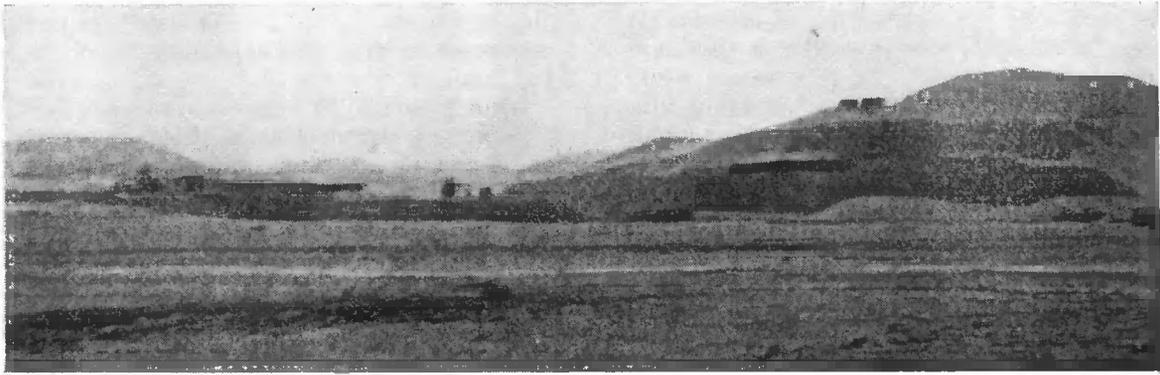
Для районов с ежедневно или почти ежедневно гарантированной продолжительностью максимально возможного солнечного сияния такие машины, вероятно, в недалеком будущем приобретут массовое распространение. Эти опыты, как и подобные им, проводящиеся в других районах земного шара, в том числе и у нас в Средней Азии и Закавказье, имеют большое значение для разработки типов солнечных двигателей и получения необходимых технических и экономических параметров.

### ТАМ, ГДЕ ДОБЫВАЛИ СЕЛИТРУ

Наш путь по безжизненной пустыне продолжается. В одной долине наше внимание привлекают выровненные платообразные останцы и отлично сформированные террасы, как бы прислоненные к низким хребтам пустыни. Автокортж останавливается возле одного из останцов. Приезжие геологи, геоморфологи и почвоведы немедленно вступают в дискуссию: каждый высказывает свое мнение о происхождении этих останцов и террас, столь характерных для условий рельефообразования предельно засушливых пустынь, — ведь каждый из нас с той или иной стороны специалист именно по засушливым странам.



Опытная гелиоэнергетическая установка на фотодиодах



Медные рудники в районе поселка Салинас снабжаются водой из трубопровода, подающего воду с Высоких Анд

К нам подходит любезнейший и всегда улыбающийся проф. Карлос Диас Виал<sup>1</sup> — видный чилийский почвовед, один из главных организаторов нашей экскурсии. Он прикидывает сразу все точки зрения: «Господа, — говорит он, — не надо так усложнять проблему: все это искусственное». Мы удивлены: «Как искусственное? Такие огромные останцы? И даже то большое плато на горизонте?» «Да, да, все это искусственное, — продолжает профессор. — Когда селитра имела большой сбыт, многие тысячи людей занимались здесь ее добычей. Все эти формы рельефа, которые так похожи на пустынные, созданы человеком при помощи лопаты и тачки. Слои селитренной соли залегают сплошными пластами на небольшой глубине. Не везде толщина этих пластов достаточно выгодна для разработки. Там, где был расчет добывать селитру, пустую породу снимали и свозили вот сюда, образуя такие холмы, очень похожие на останцы пустыни и террасы».

Вся серая поверхность солончаковой пустыни сплошь изрыта ямами, будто оспа поразила эту местность. Кое-где виднеются развалины — заброшенный промысел на мертвых сухих солончаках.

Добыча селитры пережила здесь несколько взлетов и падений, что определялось конъюнктурой мирового рынка. Никакого иного освоения, кроме добычи и первичной обработки селитры на месте не осуществлялось. Да и, по-видимому, здесь невозможно было организовать ничего другого — все, кроме воздуха и, конечно, самой селитры, было привозным. Поэтому сразу после пре-

ращения добычи на месте разработок не оставалось никого и ничего.

Во второй половине дня добираемся до населенного пункта Калама, проделав 250 км. Это уже настоящий город: здесь живет около 37 тыс. человек, магазины, рекламы, гостиница с баром, рестораном и музыкой. По городу протекает ручей, сбегаящий с недалеких отсюда снежных Анд. Так же как и в нашем засушливом Копет-Даге, такой ручей гордо именуется здесь рекой.

#### САН-ПЕДРО ДЕ АТАКАМА

После обеда происходит «сортировка». Часть людей, стремящихся дальше в глубь Атакамы, и я среди них, отправляется на двух лендроверах в направлении индейского поселка Сан-Педро де Атакама, до которого еще более 100 км. Это «там, где кончается асфальт», но движение тут не очень бойкое и грунтовая дорога не слишком пыльная.

Пересекаем еще один внутренний хребтик Атакамы, где все породы просолены, и перед нами, уже совсем близко, возникает панорама высокой кордильеры — основной цепи Высоких Анд: огромные почти черные вулканические конусы покрыты снежными шапками. И хотя мы сами уже находимся на высоте около 3 тыс. м, эти вершины поднимаются еще примерно на столько же.

Небольшой оазис поселка Сан-Педро де Атакама получает воду из маленькой речки, вытекающей из горных источников. Поселок стоит на окраине огромного солончака Салар де Атакама, который простирается к югу от поселка более чем на сотню километров. Каков солончак там, в глубине, я

<sup>1</sup> Скончался в 1964 г.

не знаю, но здесь, с краю, он вовсе не похож на наши среднеазиатские солончаки, с которыми мне столько раз приходилось иметь дело. Это темные, плотные, крепко спемментированные солевые коры. Как бы ни были велики наши солончаки, ветер приносит на них песок из прилегающей песчаной пустыни. А песок — это благо для растений, точнее для их корней. Как только у препятствия накапливается кучка песка, на ней сразу поселяется какой-нибудь невзрачный кустик. Здесь же не видно песка, а если бы даже он и был, то при полном отсутствии дождей, пожалуй, все равно никакое растение не могло бы прижиться. Солевые коры кажутся совершенно безжизненными — это и есть «абсолютная» пустыня.

Сам поселок воспринимается как что-то давно знакомое, хотя я здесь никогда не был. Да, влияние природы дело серьезное: поселок по внешнему виду мало чем отличается от аулов Копет-Дага — Нухура, Дешта и других им подобных, прижатых к горным склонам и полностью зависящих от небольших речек, вода которых с большим мастерством распределяется по небольшим полям.

У нас немного времени, пока еще совсем не стемнело. Пользуемся этим и устремляемся в местный археологический музей. Это небольшое здание в форме звезды с глинобитными стенами «туземного» типа, но с легкой, современной крышей. Создатель музея падре Ле-Пэж, ученый-энтузиаст, дает пояснения. Я не археолог, и не могу по достоинству оценить коллекции, но они произвели на меня сильное впечатление.

Падре обнаружил древние захоронения разных эпох и произвел раскопки. И вот в музее вдоль стен мы видим длинные ряды мумий. Это останки представителей давно умерших культур. Климат здесь, видно, как раз тот, который хотели бы иметь хранители музеев всего мира для сбережения своих коллекций. На мумиях отлично сохранилась одежда, не утратившая своих ярких красок. У некоторых «образцов» даже черты лица имеют разное выражение. Тут есть старики и дети, женщины и мужчины — блестящая выставка древних, давно забытых племен. По возрастам захоронений разложены и остатки материальной культуры — украшения и орудия, от самых примитивных, до сравнительно совершенных.

Разговор переходит на более общие во-

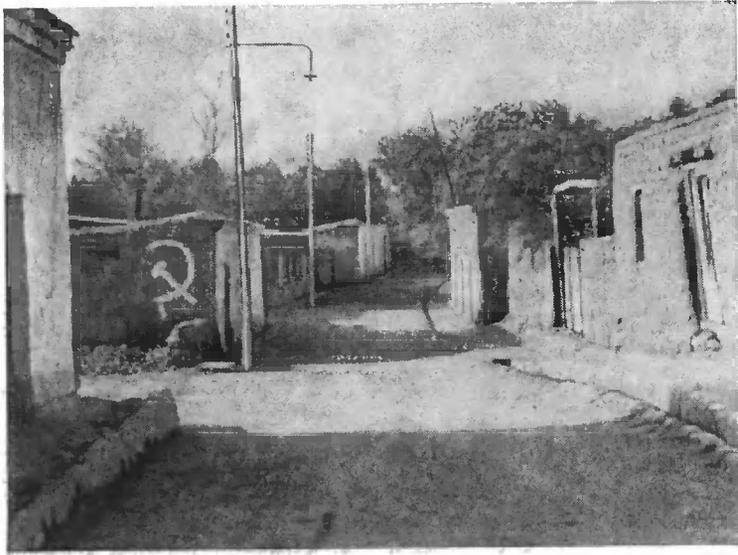


Солевые коры Атакамы. Это и есть «абсолютная» пустыня

просы. Падре Ле-Пэж, этот скромный ученый, увлеченный археологией, говорит что-то о возможности находки «недостающего» звена между обезьяной и человеком. Никакой библии, никаких Адамов и Ев. Падре Альфонсо Салас очень доволен произведенным впечатлением, похаживает вокруг и между прочим говорит, что уже многие мировые ученые поражены этими коллекциями. А они помогают падре Ле-Пэжу раскрыть множество загадок. Он сожалеет, что до сих пор сюда еще не приезжали советские археологи, о выдающихся достижениях которых им кое-что известно.

Я смотрю на загадочных людей, сидящих «по-восточному», ноги калачиком, у своих археологических очагов, точно так же, как и я многократно сживал у бесчисленных костров на тропах разных пустынь, вглядываюсь в их лица с совершенно очевидными монгольскими чертами и, подавленный впечатлением от этой коллекции, выхожу на вечерний воздух. Дневное солнце исчезло и сразу становится прохладно. О чем думали эти древние люди? Впрочем, я ведь могу только догадываться, о чем думают и нынешние коренные жители этих мест. Я делаю несколько шагов и фотографирую улицу этого небольшого индейского поселка. Может быть, снимок поможет ответить мне на этот вопрос, на который я не могу получить прямого ответа, не зная языка...

На ночьлег останавливаемся в каменном бараке, внешне непримечательном, но который



О чем думают местные жители? Поселок Сан-Педро де Атакама

внутри оказывается миниатюрной гостиницей с уютным холлом и маленькими комнатами со всеми удобствами.

### В ГОРЫ

Встаем до рассвета, в полной темноте. Предстоит длинный маршрут в горы. Перед выездом на экскурсию, еще в Сантьяго, я высказал свои опасения проф. К. Диасу — на большой высоте я обычно чувствую себя неважно. Возраст уже не тот, и организм плохо приспосабливается. Когда в последние годы приходилось забираться высоко в горы или поршневым самолет без герметической кабины поднимался выше 3,5 км, мне приходилось туго. Теперь я боюсь, а поехать страсть как хочется. Какие высоты нас ждут и быстро ли мы будем подниматься?

Проф. Диас успокаивает меня. Подъем будет продолжаться почти целый день, с остановками, но предельная высота может быть более 4,5 тыс. м. Поэтому он дает мне таблетки чилийского производства *Sogamina-R* и советует часа за 2—3 до начала подъема принять две штуки. Я выполняю рекомендацию, но, честно признаться, побаиваюсь предстоящего маршрута.

Ведущий нашу дальнейшую экс-

курсию знаток этих мест, инженер-агроном из Сантьяго Давид Байтельмен, энергичный, подвижной человек, владеющий, кроме своего родного, испанского языка, английским и французским, делает краткую информацию. Кстати, сперва мы поедем посмотрим опытное поле. Он спрашивает меня, что я думаю о гидрогеологии этого места. Мне, не зная геологической обстановки, трудно сказать что-либо определенное, но по общему впечатлению кажется, что именно в этой долине должны быть пригодные для использования подземные воды. Вплотную к долине здесь расположены щебнисто-галечниковые равнины высоких Анд, где и дожди уже не такая редкость и снега немало, да и огромный солончак — прямой показатель подтока с гор подземных вод, которые, испаряясь, оставляют такой могучий след, как скопление солей. (Кстати, и залежи селитры в долинах — тоже результат испарения подземных вод). Поскольку это ближайшая к снеговому хребту крупная долина, должны же быть какие-то породы, по трещинам и порам которых слабо засоленные воды проникают в сторону долины?

Выезжая из поселка, огибаем оросительные поля и в основании склона за проволоочной оградой обнаруживаем участок со следами ирригационной деятельности: замытые водой рядки с жалкими, полегшими ростками. Это и есть опытный участок. Но здесь много плотных, засоленных пятен, по внешнему виду похожих не на солончаки, а на солонцы. В общем не очень привлекательная картина.

Сеньор Байтельмен ведет нас к источнику орошения: Им оказывается буровая скважина, которая с глубины 270 м дает 64 л



Гостиница в Сан-Педро де Атакама

воды в секунду. Это не плохой расход. Из одной такой артезианской скважины можно оросить больше сотни гектаров. Байтельмен сообщает, что в этом районе было пробурено три скважины, одна неудачно, а две вот с такими результатами, которые они считали хорошими, пока не начали орошать. Но оказалось, что и эту скважину можно считать неудачной. Неудачу объясняют повышенным содержанием в воде бора — 17 мг/л, что, согласно руководству, считается вредным.

Я рекомендую не слушаться руководств. Байтельмен несколько удивлен таким категорическим заявлением, но я поясню: «Если верить руководствам, особенно таким, которые сочиняются как учебники и во многих случаях представляют компиляцию устаревших сведений, то значительная часть хозяйственной деятельности в пустыне, деятельности чрезвычайно рентабельной и важной, окажется противоречащей «научным руководствам».

Спрашиваю, какое общее засоление воды в этой скважине? Оказывается, 2,7 г солей на литр. Кстати, говорю я, во многих руководствах можно прочесть, что на такой воде нельзя вести орошаемое хозяйство, а фактически во многих районах получают хорошие урожаи. И тут Байтельмен сообщает главную, на мой взгляд, новость. Оказывается, на опытном участке очень плохие условия фильтрации. Вода почти не просачивается и на небольшой глубине от поверхности почвы застаивается. Картина проясняется. Высказываем предположение, что при такой ситуации, даже если в воде вовсе не будет бора, урожай все равно будет погублен. Совет может быть только один — выбрать более подходящий участок для опытного поля<sup>1</sup>.

За поселком начинается крутой подъем. На всякий случай я проглатываю еще таблетку корамина. Поднявшись метров на 500—700, неожиданно встречаем у дороги вчерашнего падре-археолога. Среди сплошного покрова щебенки, слагающей поверхность склона, он ищет со своими помощни-

<sup>1</sup> Интересно химическим составом воды из ручья, которым индейцы орошают свои поля, раскинувшиеся ниже по склону. Байтельмен не помнит величину общего засоления, но зато помнит, что бора (дался ему этот бор!) в этой воде всего 5 мг/л. Естественно, сразу же высказывается мысль, что если смешать воду из ручья и из скважины, то и содержание бора не должно будет вызывать опасений.

ками орудия древнего человека. У падре вид полевого геолога: на нем обычный полевой костюм со множеством карманов, но здесь наверху холодно, особенно в утренние часы, и полевой костюм натянут на одежду католического священника, которая вылезает серыми манжетами на руках и ногах.

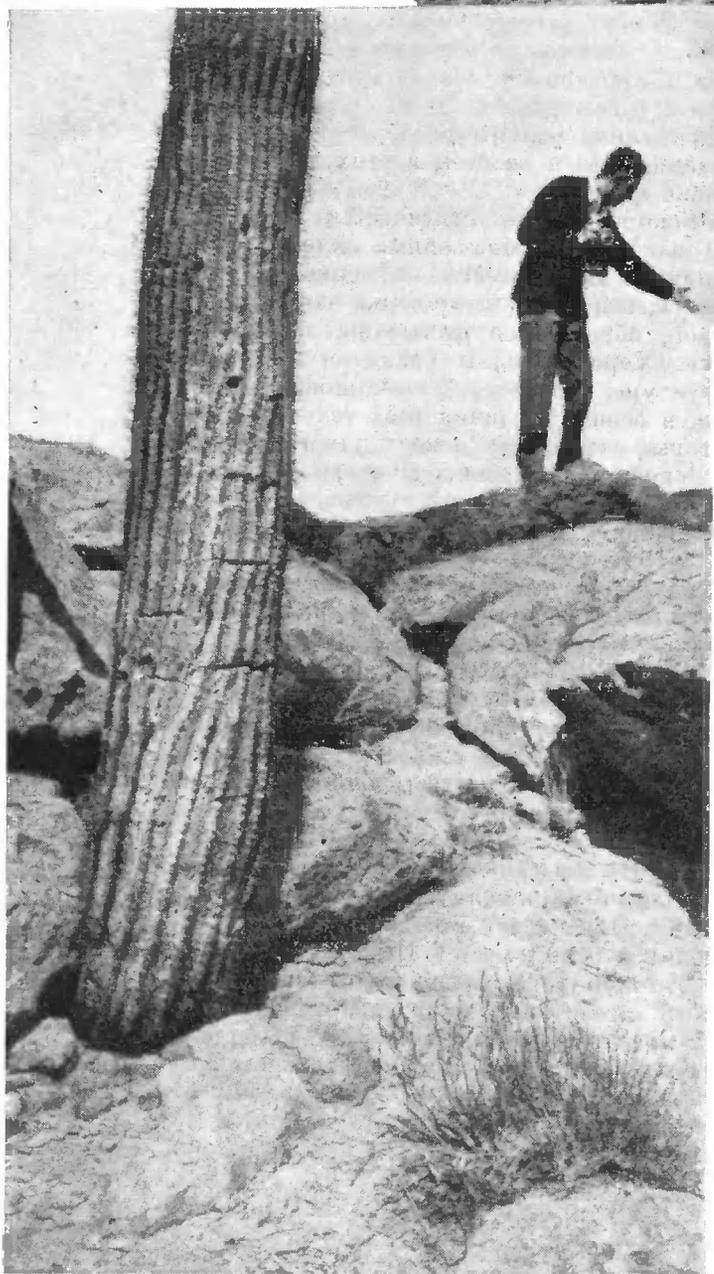
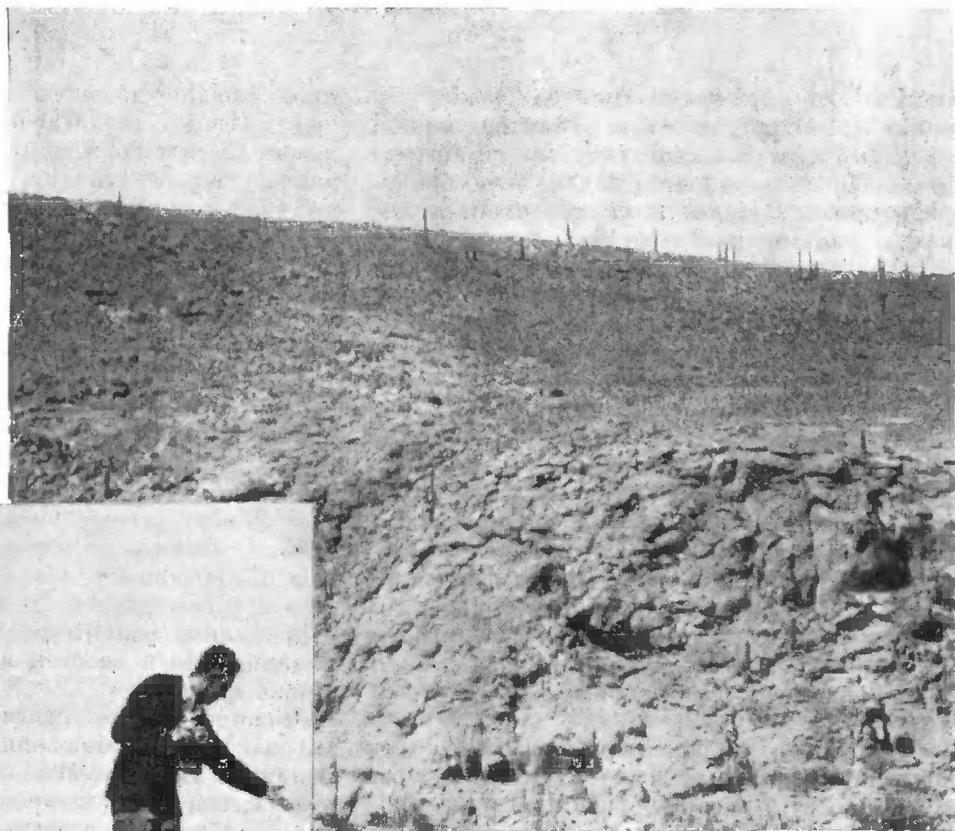
Вот какой-то скребок, вот еще. Падре вытаскивает их из кармана, не спуская глаз с поверхности щебенки. Совсем так же, как если бы искал грибы. Вот под деревом боровичок, ты нагибаешься к нему, и как только почувствовал, что он в твоих руках, все остальное делаешь на ощупь, а глаза в этот момент бегают во все стороны, чтобы скорее заметить следующий боровичок, который, конечно же, должен быть здесь еще... Разглядываю скребки и мне сдается, что это естественные изломы температурного выветривания. Но я не спец в этих делах и мне лучше молчать.

Вскоре дорога втягивается в ущелье. На его крутых обнаженных склонах отлично видно геологическое строение. Под тонким щебенчатым покровом, закрывающим склон, обнажаются застывшие лавовые потоки. Хорошо видны различия в окраске, структуре, характере трещиноватости пород, в общем различия всех тех признаков, которые составляют основу для гидрогеологической расшивки и прогноза водоносности таких районов.

Лично у меня к этому делу подход чисто студенческий. Я всю жизнь имел дело с гидрогеологией рыхлых пород, а на гидрогеологию вулканических районов смотрю, как студент, которому неплохо бы поучиться. Сразу вспоминаю своих армянских коллег, которые сумели распутать очень сложную гидрогеологию вулканических районов Армении. Вот сюда бы таких «лавовых» гидрогеологов: здесь должно быть много общего в гидрогеологическом отношении с Армянским лавовым нагорьем.

Но что это там вдали? На склоне торчат довольно разнокалиберные телеграфные столбы. Почему они такие разные и сосредоточены в одном месте? Подъезжаем ближе. Да это кактусовая «роща» или, если угодно, целый «лес»! Он растет без признаков почвы, прямо из расщелин между каменными глыбами. На довольно почтительном расстоянии один от другого расставлены эти толстые колючие столбы, с мясистым, но плотным, как тугая резина, стволom. Зна-

Кактусовая «роша»



чит, мы выбрались из предельно засушливого пояса, и этим засухоустойчивым и странным на мой взгляд созданиям природы какой-то минимум влаги здесь уже обеспечен. Ближайший к дороге мощный «столб» становится объектом многочисленных фоток кадров. Передвигаюсь я с трудом, о быстрой ходьбе не может быть и речи. Почти после каждого шага вынужден немного отдохнуть. Однако, перелезая через несколько глыб, добираюсь и я до этого «экспоната».

#### НА ОБРАТНОМ ПУТИ

Вскоре дорога выходит прямо к подножию одного из вулканических конусов, и дальше в течение нескольких часов мы объезжаем то один, то другой, постепенно продвигаясь на север, вдоль границы с Боливией. Здесь довольно много накатанных в разных направлениях дорог, на вид одинаковых, и почти у каждого развилка обсуждается — куда ехать, чтобы ненароком не заехать в Боливию или не проскочить дороги, которая должна привести нас обратно, в Каламу.

Но вот мы на высоте 4500 м или немного больше. Вспоминаю, как несколько лет

тому назад приблизительно на той же высоте, в Кунь-Луне, я почти вовсе не мог двигаться, задыхался, не мог лежать и просидел всю ночь, ловя ртом воздух. Теперь, хотя я и стал старше, тем не менее чувствую себя заметно лучше, а главное — могу передвигаться. Видно, проф. Диас дал мне хорошее средство. Я завидую французскому ботанику проф. Шуару. Он, пожалуй, не моложе меня, скорее даже постарше, но, не теряя живости, бегаёт со своим нейлоновым гербарным мешком от одного растения к другому и на ходу ещё успевает непрерывно восторгаться всем увиденным. В общем совершенно так же, как он это делал годом раньше под Ташкентом и Самаркандом, когда приезжал на симпозиум к нам в СССР.

В одном из ущелий попадаем в глубокий снег. Приходится делать объезд по снежному полю. Дорога выводит нас к жалкой глинобитной хижине, из которой навстречу выходит индейская семья: мамаша в соломенной шляпе с младенцем на руках и двумя ребятами постарше, в более чем легкой одежде для окружающих снегов. Хотя мы и оставили южный тропик километрах в ста где-то южнее, высота здесь большая, и именно она определяет низкую температуру воздуха при ясном небе. Конечно, интересно бы посмотреть, как выглядит внутри жилище поселенцев Высоких Анд, но нет сил забраться по кособокому вверх. Расспрашиваем, как выбраться на нужную нам дорогу и начинаем постепенно спускаться. Темные вулканические конусы со снежными полями отступают нас со всех сторон.

На одном из поворотов видим столб пара. По зыбкому дну долинки добираемся до горячего источника, выносящего на поверхность внутреннее тепло соседнего вулкана. Вода в источнике бурлит, по ней идут разноцветные радужные разводья, и я надеюсь, что цветная пленка сможет запечатлеть эти краски на фоне бело-черного вулканического конуса.

Продолжая спуск, подъезжаем к каптажным сооружениям на крупных источниках. Вот откуда, оказывается, начинается водовод, подающий воду за несколько сот километров к океаническому побережью! Но заниматься осмотром уже нет времени, впереди еще дальняя дорога, а солнце быстро заканчивает свой дневной путь.

По пути натываемся на стадо лам: все шелкают фотоаппаратами, бегая вокруг не-

большого стада пугливых животных, выбирая лучшие «точки» и окончательно распутивая этих осторожных южноамериканских «заместителей» наших азиатских верблюдов. Теперь уже все решают, что главное увидено и пора поторапливаться. Даже всегда неугомонный и ненасытный проф. Шуар согласен, что впечатлений хоть отбавляй и можно подаваться ближе к дому, которым, как мы полагаем, нам послужит гостиница Каламы.

Дорога вниз идет по узкому каньону в лавах. Когда же, огибая трудные места, она выбирается наверх, взору предстают беспредельные просторы лавового плато с грандиозной двойной вулканической вершиной на горизонте. Последние тучи закатного солнца окрашивают темный, почти черный вулканический пейзаж, на наших глазах превращая его в красноватое декоративное панно. Без надежды на успех — света уже мало — делаю последние снимки, менее всего подозревая, что значительно позже, в Москве, услышу от друзей вопрос: «Как это тебе удалось выбрать такой ракурс, что оба Арарата — и Большой и Малый выглядят на снимке одинаковой высоты?»

До Каламы добираемся в полной темноте и по телефону узнаем, что власти Антофагасты во главе с губернатором провинции устроили в честь делегации ЮНЕСКО прием и нас ждут за банкетным столом в знакомой нам гостинице «Антофагаста» с 7 часов вечера.

Шоферы, надо полагать, уставшие еще больше нас, заправляют машины и на предельной скорости, по уже знакомой нам асфальтированной дороге, мы к 12 часам ночи подъезжаем к гостинице. А еще через несколько минут сидим за столами и нам подают очень вкусные чилийские блюда. Мне неудобно в такой официальной обстановке спрашивать у незнакомых соседей, как называется и то, и это, и записывать ответы, я просто насыщаюсь, оставляя в стороне диллетантскую этнографию.

Так закончилось наше двухдневное путешествие по Атакаме, общей протяженностью около 800 км, начавшееся и завершившееся в Антофагасте.

\* \* \*

Утром нам показывают опытные работы Северного университета на городской экспериментальной базе. Установки по изучению солнечной радиации и еще чего-то далекого от моей специальности я не смот-

рю, а вот солнечный опреснитель парникового типа — это мое дело. На нем патентная бирка с номером. Наивно спрашиваю, для чего она здесь. Мне объясняют, — чтобы охранять авторские права. Я хочу сфотографировать, но мне корректно говорят, что это нежелательно. Проф. Шуар фотографирует, не спрашивая, и ему ничего не говорят. Мне остается только добавить, что еще 20 лет тому назад в Апхабаде я пил воду, опресненную таким парниковым опреснителем, но только тот был сконструирован гораздо совершеннее и экономнее.

В полдень мы уже в аэропорту. Там ко мне подходит молодой симпатичный чилиец и на ломаном русском языке спрашивает:

— Вы правда русский?

— Правда.

— И вы прямо из Москвы?

— Ну, не совсем прямо, но из Москвы.

— Я скоро поеду учиться в Москву в университет Лумумбы.

— Я очень рад за Вас.

— Скажите, — он оглядывает меня с головы до ног, а в Москве все такие длинные?

Я смеюсь и отвечаю, что есть всякие и

длинные, и короткие. А почему это его интересует? Нет, это, оказывается, не праздный вопрос. Он слышал, что в Москве бывает очень холодно. Сможет ли он купить себе теплое пальто, если в Москве все такие длинные, как я?

Мне становится совсем весело, я не могу удержаться смеха, но все-таки успокаиваю его, что он может найти в Москве теплое пальто на любой рост.

Объявляют посадку, все прощаются, и через несколько часов, еще засветло, мы — в Сантьяго.

Назавтра, во время своего доклада в Институте чилийско-советских культурных связей среди публики вижу моего антофагастского знакомого. После доклада он подходит и, улыбаясь, говорит, что теперь он уже наверняка знает, что поедет в Москву и просит дать ему мои московские координаты. Я даю ему свой телефон и мы с ним расстаемся до скорой встречи.

*В. Н. К у н и н*

*Член-корреспондент АН Туркменской ССР  
УДК 910.4(83)*



### Академик П. Л. Капица ЖИЗНЬ ДЛЯ НАУКИ

Ломоносов, Франклин, Резерфорд, Ланжевен

Изд-во «Знание», 1965, 62 стр.,  
ц. 12 коп.

Широким кругам читателей П. Л. Капица хорошо известен как выдающийся советский ученый, внесший своими экспериментальными и теоретическими работами значительный вклад в современную физику. В этой небольшой книге ученый выступает как историк науки. Жизни и творчеству четырех выдающихся деятелей мировой науки — Михаила Ломоносову, Венъямину Фрацклину, Эрнесту Резерфорду и Полю Ланжевену посвящены

четыре лаконичных и ярких очерка. Хотя появлению их мы обязаны выступлениям П. Л. Капицы с докладами в разные годы, но каждое из этих произведений не просто переработанная стенограмма, это самостоятельное и оригинальное исследование, которое с большим интересом будет прочитано.

Ломоносов, Франклин, Резерфорд и Ланжевен — ученые разных времен, различных научных интересов и биографий. П. Л. Капица рассматривает их роль в научном прогрессе в свете современных знаний и новейших успехов физики. Исследуя творческую жизнь ученого, его методы работы, автор по-своему анализирует все известные о нем дан-

ные и часто дает им свою, оригинальную трактовку. П. Л. Капица не просто констатирует некоторые факты из творческой биографии выдающихся ученых, а из уроков истории делает выводы для современной науки, для преодоления тех трудностей, которые она встречает на пути своего развития.

Наибольший интерес вызывают, конечно, страницы, посвященные Э. Резерфорду, под руководством которого автор работал в течение 14 лет. Мы узнаем много интересных черточек, ярко характеризующих Резерфорда не только как великого ученого, но и замечательного человека, чуткого, самоотверженного, прекрасного учителя и друга.

## ЕСТЬ ЛИ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ НА ЛУНЕ?

*Успешные старты советских космических кораблей приближают заветный день, когда первые исследователи ступят на поверхность Луны. Но это будет только началом. Освоение Луны потребует длительного, напряженного, а порой и опасного труда специалистов самых различных отраслей науки. Среди первых научных сотрудников-космонавтов обязательно должен быть геолог. Ведь удивительный мир лунных цирков и «морей» таит в себе много загадочного. Как образовались кольцевые горы, существуют ли на Луне действующие вулканы, происходят ли сейсмические явления, как разрушаются лунные горы, из каких пород, наконец, состоит поверхность Луны, — всех вопросов даже не перечислить. В недалеком будущем геологам предстоит выяснить, есть ли на нашем естественном спутнике полезные ископаемые.*

### НЕДРА ЛУНЫ НЕ БЕДНЕЕ ЗЕМНЫХ

При оценке перспектив отдельных регионов земного шара относительно полезных ископаемых геологами выдвигаются прогнозы, основанные на знании особенностей строения и развития земной коры, состава горных пород и закономерностей в размещении оруденения. Естественно, что для Луны намного труднее научно предвидеть возможности нахождения минерального сырья. Однако существующие гипотезы о происхождении, развитии и строении Луны позволяют уже сейчас высказать ряд предположений, проверка которых станет реальной в будущем.

Современные космогонические построения показывают, что система Земля — Луна образовалась из единого газово-пылевого облака. Следовательно, средний химический состав Земли и ее спутника должен быть сходным. Дальнейшая их эволюция происходила в одном направлении. Можно думать, что и на Луне развивались процессы радиогенного разогрева, дифференциации вещества и образования коры, дегазации и обезвоживания недр. Трудно согласиться с теми исследователями, которые полагают, что все эти процессы на Луне в основном закончились и она в своем развитии намного опередила Землю. В таком случае поверхность Луны была бы покрыта продуктами разрушения горных пород, образовав-

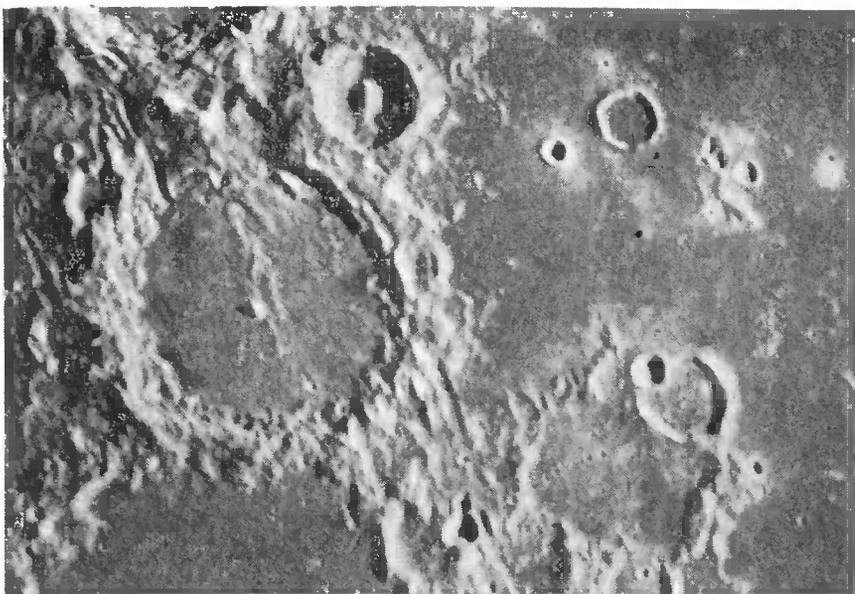
шимися в результате метеоритной бомбардировки, воздействия колебаний температуры и космического излучения. Рудные месторождения при этом оказались бы погребенными под мощным слоем щебня и пыли, поэтому найти их было бы почти невозможно.

Современный резко расчлененный рельеф с многочисленными зияющими трещинами, признаками молодого вулканизма, отчетливыми следами нескольких этапов в образовании поверхности свидетельствует о том, что на Луне еще не прекратились интенсивные эндогенные процессы. А это в свою очередь показывает, что на Луне, как и в земных условиях, следует ожидать множество месторождений разнообразных полезных ископаемых.

Вместе с тем на Луне нет атмосферы, воды, живых организмов, играющих огромную роль в перераспределении химических элементов и образовании месторождений осадочного происхождения. Своеобразие Луны сказывается еще и в том, что ее поверхности достигает множество метеоритов, которые также могут быть источником некоторых видов минерального сырья.

### АЛМАЗНЫЕ РОССЫПИ

На детальных фотографиях лунной поверхности видно множество беспорядочно расположенных кратеров — лунок различ-



Район кратера Альфонс с многочисленными трещинами северо-западного направления. Н. А. Козыреву удалось наблюдать покраснение центрального пика и получить уникальную спектральную программу, свидетельствующую о вулканической деятельности на Луне. Этот район наиболее благоприятен для поисков фумаролл, серы и других вулканических продуктов

ного размера<sup>1</sup>. Большинство исследователей объясняют их возникновение ударами метеоритов. Проведены расчеты, показывающие, что при таких столкновениях возникают грандиозные давления и высокие температуры, вполне сопоставимые с условиями, необходимыми для получения алмазов. В каменных метеоритах в среднем содержится около 0,16% углерода. Значительные количества углеводородов заключены в ядрах комет. Наконец, сами алмазы были обнаружены в каменных метеоритах с высоким (до 3%) содержанием углерода (А. П. Виноградов и Г. П. Вдовыкин, 1963 г.). Алмазы, а также графит образовались в этих метеоритах благодаря напряжениям, возникшим при столкновениях астероидов. Американские исследователи собрали доказательства образования алмазов в Каньоне Дьябло при падении на Землю крупного метеорита. В Аризонском метеоритном кратере были обнаружены высокотемпературные разновидности кварца — коэсит<sup>2</sup> и степеверит, что

<sup>1</sup> См. «Природа», 1964, № 10, стр. 115—118.

<sup>2</sup> См. «Природа», 1962, № 3, стр. 79.

подтверждает существование благоприятных условий для образования алмазов. Следовательно, прямо на поверхности Луны, не защищенной атмосферой от постоянной метеоритной бомбардировки, могут быть обнаружены россыпи алмазов необычного, метеоритного происхождения. Известный американский астрофизик Г. Юри особо подчеркивает важность установления природы алмазов в метеоритах, а в будущем и на поверхности Луны, для выяснения происхождения и состава планет солнечной системы.

### ЖЕЛЕЗНАЯ РУДА ПРЯМО НА ПОВЕРХНОСТИ

Промышленную ценность в некоторых случаях может представлять само вещество железных метеоритов, упавших на поверхность Луны. Железные метеориты содержат в среднем 90—85% железа, 8,5% никеля и 0,6% кобальта и могут служить ценным сырьем в металлургии. На детальной фотографии Луны в кратере диаметром около 90 м виден осколок метеорита. Еще чаще, вероятно, будут встречаться участки поверхности, усыпанные обломками крупных железных метеоритов.

Ряд местностей на Луне, особенно в пределах «морей», обладает красновато-бурным оттенком. Высказываются предположения, что это явление может быть вызвано широким распространением окислов железа. Правда, радиоастрономические исследования, проведенные проф. В. С. Троицким и его сотрудниками, показали отсутствие нарушений линейной зависимости толщины радиоизлучающего слоя лунных пород от длины волны, что противоречит представлениям о значительной примеси метеоритного железа в поверхностных частях Луны. Эти данные, однако, оспариваются Б. Ю. Левиним (1963 г.), который полагает, что количество железа на поверхности Луны не настолько велико, чтобы оно могло быть выявлено при интерпретации радиоастрономических наблюдений.

Таким образом, есть все основания встретить небольшие по масштабам промышленные месторождения железа с очень высоким

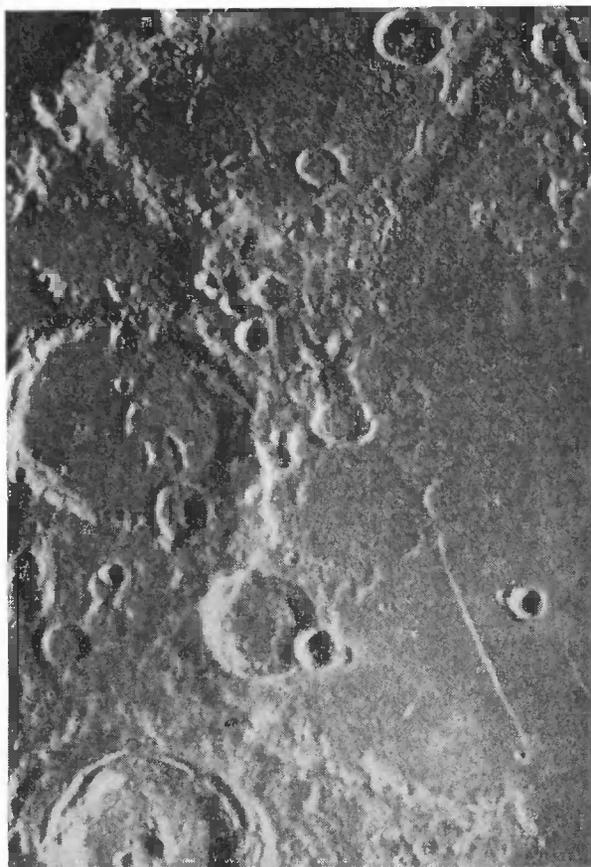
его содержанием. Такие месторождения будут принадлежать необычному для Земли генетическому типу, который может быть назван метеоритным.

### РУДНЫЕ МИНЕРАЛЫ, ПОРОЖДЕННЫЕ ВУЛКАНИЧЕСКИМИ ИЗВЕРЖЕНИЯМИ

Совсем недавно весь мир облетело сенсационное сообщение о выдающемся открытии советского ученого Н. А. Козырева, получившего спектральные доказательства вулканических процессов на Луне. В рельефе Луны выделяются небольшие пики с вершинными отверстиями, схожие с земными вулканами. Наконец, широко распространенная гипотеза о вулканическом происхождении лунного рельефа связывает образование кольцевых гор с гигантскими вулканическими аппаратами и считает лунные моря грандиозными разливами лавы. Интересно, что на Земле, как показали подсчеты (Е. К. Мархинин, 1964 г.), за все время ее существования количество вулканических выбросов составило  $14 \cdot 10^{18}$  т, что превышает половину массы земной коры. Учитывая большие масштабы лунного вулканизма, следует ожидать, что в лунной коре продукты вулканических извержений играют основную роль.

С деятельностью вулканов должны быть связаны месторождения серы. Американский селенолог Дж. Грин рассмотрел возможности образования и сохранения серы в лунных условиях при отсутствии атмосферы и резких колебаниях температуры и пришел к выводу, что залежи серы могут быть выявлены в глубоких трещинах, куда не проникают солнечные лучи. Сера на Луне может применяться в смеси с вулканическим пеплом в качестве цемента. Дж. Грин описывает случай, когда в Калифорнии, в кратере Пайсга, сера спеменировала трещины в базальте. Как показали опыты, брикеты из 15% серы и 85% вулканического пепла могут выдержать на Луне нагрузку свыше  $2100 \text{ кг/см}^2$ , что позволит использовать их в строительстве.

В трещинах могут образовываться скопления других вулканических пород, включающих соединения хлора, брома, селена, сурьмы, мышьяка, ртути, свинца, цинка и некоторых других элементов. В лунных условиях даже малоустойчивые соединения при взаимодействии с кислородом и влагой не будут разрушены. Исследователи лун-



Восточная часть Моря Облаков с четко выраженной зияющей трещиной, носящей название Прямая Стена. Некоторые исследователи предполагают, что в таких трещинах могут быть обнаружены скопления льда

ных вулканов увидят красочное переплетение сложных кристаллов, образовавшихся на стенках трещин из вулканических возгонов. При значительных концентрациях продукты вулканизма могут представлять большой интерес как источник минерального сырья, особенно на первых этапах освоения Луны.

### МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Большинство ученых сейчас считает, что лунные породы похожи на вулканические шлаки или пемзу. Они должны быть сильно пористыми и обладать малой теплопроводностью. Радиолокационные наблюдения (В. С. Троицкий, 1963 г.) показали, что плотность поверхностных слоев Луны при-



Отто Струве и другие кольцевые горы на краю видимой стороны лунного диска. Сложные соотношения сильно разрушенных цирков с темными равнинами лунных морей объясняются разливами лав базальтового состава, частично перекрывающих более древние сооружения. С магмой основного состава может быть связан определенный комплекс рудных месторождений

мерно в 4—5 раз меньше плотности земных пород. Несмотря на трудности выделения теплового радиоизлучения Луны, удалось установить, что теплопроводность лунных пород меньше, чем у земных, примерно в 50—70 раз. Лабораторные исследования показали, что подобная теплопроводность может быть свойственна сплошному сильно пористому веществу, похожему на пемзу и находящемуся в вакууме. Горные породы лунной поверхности получили даже специальное название «лунит»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> См. «Природа», 1964, № 6, стр. 44—49.

Если эти предположения оправдаются, исследователи Луны будут обеспечены прекрасным строительным материалом. Из-за опасности, связанной с постоянной метеоритной бомбардировкой, с резкими колебаниями температуры и космическим излучением, на Луне наиболее рационально строить подповерхностные сооружения. Вероятно, наиболее благоприятными для строительства окажутся сравнительно крутые внутренние стенки кратеров и трещины, где будет сравнительно легко вести горизонтальные горные выработки в пористом, легко поддающемся обработке материале. По аналогии с земными пемзами и шлаками с учетом меньшего лунного притяжения, следует ожидать, что на Луне горные породы будут выдерживать нагрузку в  $1250 \text{ кг/см}^2$ , что представляется вполне достаточным для строительства лунных баз. Вероятно, на Луне будут обнаружены участки со скальными породами, выдерживающими и гораздо большие напряжения и удобные для строительства стартовых площадок и других крупных сооружений.

#### ВОДА И ВОЗДУХ

Прежде всего геологам на Луне придется отыскать такие горные породы, из которых можно будет получать в большом количестве кислород и воду, необходимые для жизни людей и работы различных механизмов. Если внутренние, эндогенные процессы, сопровождающиеся обезвоживанием лунных недр, еще не закончились, можно предполагать, что происходит постоянный приток влаги к поверхностным частям Луны. Для сравнения следует указать, что на Земле вода вулканического происхождения составляет  $7,4 \cdot 10^{17} \text{ т}$  (по Е. К. Мархивину, 1964 г.), что соответствует почти половине объема гидросферы земного шара. Отдельные исследователи предполагают, что при низкой теплопроводности лунных пород в ее недрах должна быть распространена вечная мерзлота, а некоторые формы лунного рельефа считаются мерзлотного происхождения, например трещины и купола. Эти предположения находятся в противоречии с данными радиоастрономических наблюдений, которые показывают, что недра Луны горячие, и она имеет даже больший геотермический градиент, чем Земля. И все-таки в полярных областях Луны, в особенности в трещинах на внутренних стенках почти

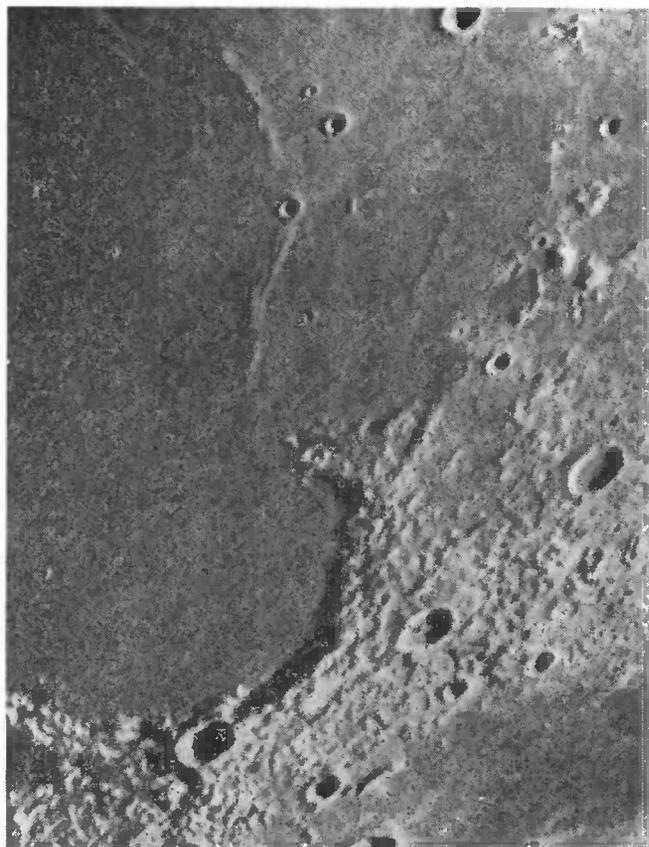
постоянно затененных лунных цирков, есть вероятность обнаружить скопления льда.

Гораздо больше возможностей наладить получение воды из различных горных пород как метеоритного, так и вулканического происхождения. Вода может быть получена из углистых хондритов, которые хотя и редки среди других типов метеоритов, но зато содержат до 10% воды. Среди вулканических пород для получения воды особо ценны перлиты, представляющие собой вулканические стекла с содержанием 1—3,5% воды. Эта порода легко отдает воду путем простого прокаливании. Опыты по извлечению химически связанной воды из базальта и других горных пород показали, что они могут выделять водяного пара до 30% от своего веса<sup>1</sup>.

Одним словом, для снабжения водой на Луне потребуются провести необходимые поисковые работы и создать специальные установки. Эта проблема будет со временем решена.

Еще большее значение для освоения Луны будет иметь возможность получения кислорода. Несмотря на осуществление регенерации отработанного воздуха, в помещениях будет существовать постоянная необходимость пополнения запасов кислорода из-за его утечки. В Нью-Йоркском университете были проведены опыты по получению кислорода из вещества каменных метеоритов. При обработке их водородом с температурой 1000°C удалось выделить из 100 кг породы 3—4 кг кислорода. С повышением температуры до 1800°C это количество возрастало до 15 кг. Однако в этом случае требуются большие количества энергии и водород, а это значит, что такая возможность может быть осуществлена лишь на более поздних стадиях освоения Луны.

Азот и углекислота могут быть заключены в пористых породах вулканического происхождения. Так пористость пемз может достигать 25% объема. Еще большее значение может иметь выявление постоянно действующих фумаролл. Наблюдения Н. А. Козырева позволяют надеяться, что на Луне с активным вулканизмом связаны многие фумароллы, в том числе и такие, которые выделяют углекислый газ. Естественно, выходы газов невелики по размерам и с трудом поддаются обнаружению астрономиче-



Залив Радуги в северной части Океана Бурь. Хорошо видна резкая разница в строении материковых областей (со светлым фототоном и многочисленными кратерами) и «морей» темного цвета, в пределах которых выделяются валлообразные поднятия. В подобных структурах на Земле встречаются залежи нефти и газа

скими методами. Вместе с тем, нельзя забывать, что на Луне неоднократно наблюдалось помутнение изображения отдельных небольших участков, которые легче всего объяснить именно истечением газов. Выходы газов могут послужить основными источниками создания искусственной атмосферы в помещениях лунных баз.

#### МАГМА И РУДООБРАЗОВАНИЕ

Если для алмазов, железной руды, минерализации вулканического происхождения на Луне существуют определенные предпосылки, основанные на сведениях о строении поверхности Луны, то для всего комплекса рудных полезных ископаемых, связанных с магматическими процессами, прихо-

<sup>1</sup> См. «Природа», 1964, № 11, стр. 113.

дится базироваться на современных гипотезах о процессах эндогенного рудообразования в земных недрах. Как и при актуалистическом принципе исторической геологии, следует исходить из единства развития Земли и Луны, т. е. пользоваться своего рода «геоистическим» методом.

Пока и на Земле вопрос о происхождении магматических расплавов далеко не решен. Одни ученые полагают, что существуют две группы магм: мантийная ультраосновного и основного состава и коровая — кислого состава. Механизм дифференциации магмы связывается с образованием земной коры, что получило дополнительное подтверждение при экспериментах по зонной плавке каменных метеоритов (А. П. Виноградов, 1963 г.; В. А. Магницкий, 1964 г.). Другие исследователи считают, что магма кислого состава образуется при переплавлении метаморфических пород земной коры, при соответствующей температуре и давлениях с достаточным количеством воды.

При изучении отражательной способности поверхности Луны было установлено, что она сравнительно темного цвета, соответствующего основным и ультраосновным породам. Однако темный цвет поверхности может быть объяснен и другими причинами, например, изменением со временем окраски пород под воздействием разного рода облучений и микрометеоритной бомбардировки. Так называемые светлые лучи с наиболее высоким альбедо (отражательной способностью) видны у кратеров только самого молодого возраста. Высказано предположение, что у древних кратеров они погасли, т. е. со временем утратили светлую окраску. Специалистам по аэрофотосъемке хорошо известно понижение цветоделимости пород в результате образования пустынного загара. Часто даже основные (базальты) и кислые (липариты) вулканические породы оказываются близкими по фототону. Представления о повсеместном развитии на Луне сравнительно тяжелых основных и ультраосновных пород находятся в противоречии со сведениями о средней плотности Луны (около  $3,33 \text{ г/см}^3$ ), которая гораздо ниже, чем у Земли. Большинство исследователей склоняется к выводу, что темные области Луны («моря») сложены основными породами, тогда как в пределах «материалов» с более светлой окраской ведущая роль принадлежит кислым породам. О существовании интрузивных процессов на Луне свидетельствуют

найденные крупные купола, напоминающие земные лакколиты — неглубоко залегающие интрузии, четко выраженные в рельефе.

В том случае, если на Луне нет кислых пород, комплекс полезных ископаемых будет в значительной степени обеднен. Ведь с основными и ультраосновными породами на Земле связаны лишь месторождения меди, никеля, платины, хрома, железа и некоторых других элементов. Руды большинства металлов тяготеют к кислым интрузиям. С другой стороны, если предположить, что дифференциация лунного вещества продвинулась несколько дальше, чем у Земли, то откроются необъятные просторы для научного предвидения о распространении на Луне многочисленных месторождений цветных, редких и благородных металлов с высокими содержаниями полезных компонентов. Такая геологическая обстановка окажется благоприятной для формирования рудных залежей радиоактивных элементов, а это позволит в дальнейшем создать на Луне надежную энергетическую базу.

#### ЛУНА И ПРОИСХОЖДЕНИЕ НЕФТИ

Большинство геологов считает, что нефть на Земле — органического происхождения. В этом случае трудно надеяться на обнаружение нефти или газа в лунных условиях. Но и на Земле существуют некоторые факты, свидетельствующие о возможности ее неорганического происхождения (правда, пока они еще не расшифрованы до конца). Есть вполне достоверные сведения о наличии природных газов нефтяного состава и даже битумов в магматических породах, в частности в нефелиновых сиенитах Хибинского массива на Кольском полуострове. По данным крупных нефтяников — И. О. Брода и Н. А. Еременко (1950 г.), признаки жидкой нефти отмечены в продуктах извержения вулканов Этны (Сицилия) и Кракатау (Малайский архипелаг). Еще более значительные нефтепроявления описаны при изучении вулканов Толима в Андах и ныне угасшего вулкана Эгмонт в Новой Зеландии. Асфальтит встречается во многих пегматитовых жилах Швеции и Норвегии, в Канаде и других странах.

Изучение геологии Луны, может быть, позволит собрать материалы о неорганическом происхождении битумов. Пока некоторые наблюдения, связанные с изучением люминесценции лунных пород, показывают,

что в некоторых районах (например, близ кратера Тихо в зонах глубинных разломов и трещинах) горные породы могут быть обогащены битумами<sup>1</sup>.

На фотографиях Луны в «морях» видны валобразные структуры, близкие по морфологии к крупным складкам платформенных областей Земли. Именно в таких складках находят месторождения нефти. Предположим, что гипотеза неорганического происхождения нефти, созданная Д. И. Менделеевым, все-таки верна. Тогда при условии существования таких «ловушек» в лунных структурах могли сформироваться залежи нефти и газа. Важность такого открытия для будущего освоения Луны трудно переоценить.

### ГРАВИТАЦИОННЫЕ РУДОСПУСКИ

Несмотря на усиленные поиски на Земле, постоянно сокращаются запасы отдельных видов полезных ископаемых. Это дает основание некоторым специалистам говорить о своего рода минеральном истощении, которое может грозить человечеству в далеком будущем. Не исключено, что именно на Луне окажутся залежи многих руд, жизненно необходимых развивающейся земной индустрии. При освоении Луны, после создания там крупных космических баз с постоянным населением, начать разработку месторождений не составит большой сложности.

<sup>1</sup> См. «Природа», 1962, № 12, стр. 100.

Но как же доставить добытую руду на Землю?

Этот вопрос рассматривался известным английским астрономом З. Копалом (1960 г.). Чтобы поднять груз с лунной поверхности до уровня «нулевой тяжести», требуется энергия, составляющая всего 3% той, которая расходуется на доставку груза с Земли на Луну. Дальше руда может просто сбрасываться на Землю в какой-либо из пустынных районов. Руда должна быть при этом измельчена до определенных размеров, чтобы атмосферное торможение предотвратило резкий удар о поверхность Земли, который вызовет испарение вещества. Поток руды будет двигаться по «гравитационным трубопроводам» или рудоспускам, подчиняясь точным законам небесной механики.

Добыча полезных ископаемых на Луне, доставка их на Землю, проверка высказанных здесь гипотез — дело будущего, но и сейчас ясно, что Луна будет освоена, что там понадобятся прочные строительные материалы, топливо для ракет, элементы для устройства солнечных батарей, кислород, вода и многое другое. И не за горами то время, когда поверхность и недра Луны станут объектом геологических изысканий и поисков полезных ископаемых.

*В. В. Козлов,*

*Е. Д. Сулиди-Кондратьев*

*Всесоюзный аэрогеологический трест (Москва)  
УДК 553.523.3*



**Пьер Пфеффер**

**БИВУАКИ НА БОРНЕО**

Перевод с французского

Послесловие и примечание проф. А. Г. Банникова. Изд-во «Мысль», 1964, 189 стр., ц. 53 коп.

Известный французский зоолог и путешественник П. Пфеффер опубликовал в 1963 г. в Париже книгу о своей поездке на о-в Борнео (индонезийцы называют его теперь Калимантан). Поездка заняла более года. Путешественник широко и многогранно осветил жизнь природы и людей Борнео.

Большой гуманностью проникнуты мысли автора об охране

природы, разумном использовании ее ресурсов и о населяющих остров даяках и пунахах. Следует отметить, что если о даяках, получивших когда-то печальную известность «охотников за головами», имеется довольно большая, хотя и устаревшая литература, то о пунахах в сущности ничего определенного не было известно. В книге содержится новый этнографический материал о них.

Большой интерес представляют физико-географические сведения о Борнео, ярко показывающие те трудности, которые люди встречают в тропиках. Много сведений приводится и о растительности.

Пфеффер — зоолог. Его книга насыщена чрезвычайно интересным зоологическим материалом, главным образом — по наземным позвоночным. В ней приводятся в значительной мере новые материалы о редчайшей форме носорога, о долгопяте, малайском медведе, о кабанах, из птиц — об аргусе, птицах-носорогах.

Оформление издания — хорошее. Непонятно лишь, зачем в словаре русско-латинской терминологии приводятся и французские названия. Наде ли это?

*Г. П. Дементьев*

*Доктор биологических наук*

*Москва*



## НАУЧНЫЕ ФАНТАЗИИ

А. Азимов

*Открывая новый раздел нашего журнала — «Научные фантазии», мы публикуем отрывок из книги известного американского ученого и писателя-фантаста А. Азимова «Взгляд с высоты». Эта книга выйдет в Издательстве «Мир» в конце 1965 г. Используя данные современной астрофизики, автор дополнит их своей фантазией, и в весьма доходчивой форме рассказывает о возможности существования жизни на планете Юпитер.*

Зададим-ка себе вопрос: «На какой планете солнечной системы (кроме Земли, конечно) будут скорее всего обнаружены живые существа?»

И мне представляется, что я слышу дружный и громкий ответ: «На Марсе!»

Все доводы в пользу такого ответа я знаю наизусть, потому что сам не раз приводил их в спорах — хоть Марс не велик, холоден и там не так уж много воздуха, оп все же не настолько мал, холоден и лишен воздуха, чтобы на нем не могло существовать некое подобие примитивной растительной жизни. С другой стороны, Венера и Меркурий явно слишком горячи, на Луне нет воздуха, а остальные спутники планет солнечной системы и астероиды (не говоря уже о Плутоне) слишком холодны, слишком малы, или страдают и тем и другим.

И затем мы добавляем фразу, которая звучит примерно так: «Что же касается Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, то о них — вообще не может быть речи». Однако Карл Саган, астроном из Гарвардского университета, совершенно отвергает эту точку зрения, и его недавняя статья заста-

вила меня поразмыслить о внешних планетах.

В догалилеевское время Юпитер и Сатурн (Уран и Нептун еще не были открыты) ничем не выделялись среди других планет, разве что на звездном фоне двигались они медленнее, чем другие планеты, и потому, по-видимому, находились от Земли дальше. Однако телескоп показал, что Юпитер и Сатурн — это диски, имеющие измеримые угловые размеры. Когда стало известно расстояние до этих планет, оказалось возможным перевести угловые размеры в километры, и результат привел всех в изумление. Диаметр Юпитера — 142 000 км, а Сатурна — 120 000 км. в то время как экваториальный диаметр Земли 12 800 км.

Внешние планеты оказались гигантами!

С открытием Урана в 1781 г. и Нептуна в 1846 г. появились еще две довольно внушительные планеты, так как экваториальный диаметр Урана равен 50 000 км, а Нептуна (по последним измерениям) — примерно 54 тыс. км.

Разница в размерах между этими планетами и нашим плотным маленьким миром станет еще больше, если мы сравним их

объем, так как он пропорционален диаметру, возведенному в куб. Другими словами, если диаметр тела А в десять раз больше диаметра тела В, то объем тела А в тысячу раз больше объема тела В. Приняв объем Земли за 1, мы получим такие объемы планет-гигантов: Юпитера 1300, Сатурна 750, Урана 60, Нептуна 40.

У каждого из гигантов есть спутники. Как и угловой размер планеты, расстояние различных спутников от своего хозяина измерить просто. Имея эти числа, можно быстро вычислить массу главной планеты. (Так как у Венеры и Меркурия нет спутников, то мы не можем судить об их массе с такой же уверенностью, с какой мы судим, например, о массе Нептуна.)

Когда речь идет о массе, гиганты, естественно, остаются гигантами. Если взять массу Земли за 1, то массы гигантов будут равны: Юпитера 318, Сатурна 95, Урана 15, Нептуна 17.

Четыре гиганта, в сущности, вобрали в себя всю массу планет солнечной системы! Один Юпитер обладает 70% общей массы. Все остальные планеты (без этих четырех гигантов), все спутники, астероиды, кометы и метеориты составляют менее 1% общей массы. Изучая солнечную систему с совершеннейшей беспристрастностью, разумные существа с других планет сделали бы о Солнце, по всей вероятности, такую запись: «Звезда х, спектрального класса G2, четыре планеты плюс обломки».

Но взгляните еще раз на числа, выражающие массы планет. Сравните их с числами, выражающими объемы, и вы увидите, что с такой точки зрения масса этих планет довольно мала. Другими словами, Юпитер занимает в 1300 раз больше места, чем Земля, но вещества в нем больше в 318 раз. Следовательно, вещество Юпитера должно располагаться более свободно, а это значит, что плотность Юпитера гораздо меньше плотности Земли.

Если мы примем плотность Земли за 1, то плотность гигантов мы можем получить, просто разделив число, которым выражена масса, на число, которым выражен объем. Плотности<sup>1</sup> гигантов таковы: Юпитера 0,245, Сатурна 0,125, Урана 0,250, Нептуна 0,425.

По этой шкале плотность воды будет равна 0,182. Как вы видите, Нептун, самый

<sup>1</sup> Данные автора об объеме и плотности некоторых планет расходятся с принятыми (см. БСЭ, т. 33, стр. 170).

плотный из гигантов, примерно, только в  $2\frac{1}{4}$  раза плотнее воды, в то время как Юпитер и Уран плотнее воды в полтора раза, а Сатурн даже менее плотен, чем вода.

Помнится, я читал книгу по астрономии, в которой это обстоятельство было наглядно подчеркнуто: если бы нашелся достаточно большой океан, то Сатурн плавал бы в нем, погрузившись менее чем на три четверти в воду. И там была впечатляющая иллюстрация, на которой Сатурн вместе со всеми своими кольцами плыл по бурному морю<sup>1</sup>.

\* \* \*

Но пусть проблема плотности не вводит нас в заблуждение. В голову сразу же может прийти мысль, будто Сатурн, в общем менее плотный, чем вода, состоит из какого-то пористого материала, вроде пробки. Однако это не так, и мне нетрудно разуверить вас.

На поверхности Юпитера имеются заметные полосы, или ленты, и все приметные детали их движутся по диску планеты с постоянной скоростью. Проследив за этим движением, можно очень точно определить период вращения планеты; оказывается, что он равен 9 час. 50 мин. 30 сек. Примерно так же, хотя и с большими трудностями, можно определить периоды вращения более далеких гигантов.

И вот тут отмечается удивительное явление. Период вращения, который я привел, относится только к экваториальной части Юпитера. Другие части планеты вращаются немного медленнее: период вращения Юпитера постепенно увеличивается по мере приближения к полюсам. Уже одно это показывает, что мы смотрим не на твердую поверхность, которая вращается как целое.

Вывод совершенно ясен. Мы видим не поверхность Юпитера (и других гигантов), а облака в их атмосферах. Под облаками простирается громадная толща атмосферы, гораздо более плотной, чем наша, но все же не такой плотной, как камень или металл. Определяя объем гигантских планет, мы берем их вместе с атмосферой, и поэтому средняя плотность получается такой малой. Если бы мы учитывали только часть планеты, находящуюся под атмосферой, то плотность была бы такой же, как и у Земли, и, весьма возможно, даже выше.

Но какова же толщина этой атмосферы?

<sup>1</sup> Эта иллюстрация была в «Занимательной астрономии» Я. И. Перельмана. *Прим. перв.*

\*\*\*

Будучи дальше от Солнца, чем Земля, а следовательно, и холоднее, гигантские планеты отличаются от Земли главным образом тем, что сохраняют гораздо большее количество легких элементов — водорода, гелия, углерода, азота и кислорода. Гелий не образует соединений, он остается газом. Водород имеется в избытке, он не только остается в газообразном состоянии, но и вступает в соединения с углеродом, азотом и кислородом и образует аммиак, метан и воду. Метан — это газ. При земной температуре аммиак тоже находится в газообразном состоянии, но вода — в жидком. Если бы температура на Земле упала до минус  $100^{\circ}\text{C}$  или ниже, как на планетах-гигантах, то и аммиак, и вода (гидросфера) стали бы твердыми, а метан остался бы газообразным.

Данные спектроскопического анализа на самом деле показывают, что атмосфера Юпитера состоит на три четверти из водорода, на четверть из гелия, и кроме того в ней имеются обильные примеси аммиака и метана. (Вода не обнаружена, но можно предположить, что она вымерзла.)

Структуру всякой планеты можно описать примерно так: имеется твердое каменное или металлическое центральное тело (литосфера), окруженное слоем воды (гидросфера), и все это в свою очередь окружено слоем газа (атмосфера).

Легкие элементы, которыми особенно богаты гигантские планеты, скорее должны

способствовать увеличению их атмосферы и гидросферы, чем литосферы. Следовательно, центральная литосфера их должна быть больше литосферы Земли (но не обязательно чрезвычайно большой), а окружать ее должна гигантская гидросфера и не менее гигантская атмосфера.

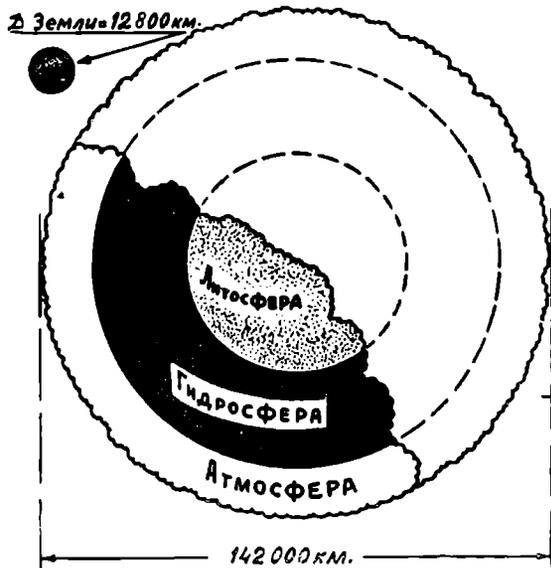
Но что значит «гигантская»?

Здесь мы можем принять во внимание сжатие гигантов у полюсов. Хотя диаметр Юпитера у экватора равен  $142\,000\text{ км}$ , диаметр его от полюса до полюса составляет всего  $132\,000\text{ км}$ . Сплюснутость составляет  $7\%$ , в то время как у Земли лишь около  $0,33\%$ . У Юпитера заметна эллиптическая форма. У Сатурна это выражено еще ярче, так как экваториальный диаметр его равен  $120\,000\text{ км}$ , полярный диаметр —  $106\,000\text{ км}$ , сплюснутость — примерно  $12\%$  (Уран и Нептун сплюснуты меньше, чем два крупнейших гиганта).

Степень сплюснутости частично зависит от скорости вращения и возникающей центробежной силы. Хотя Юпитер и Сатурн гораздо больше Земли, они имеют примерно десятичасовые периоды вращения в отличие от нашего двадцатичетырехчасового. Поэтому поверхность Юпитера на экваторе движется со скоростью  $40\,000\text{ км}$  в час, а Земли со скоростью  $1600\text{ км}$  в час. Естественно, поверхность Юпитера растягивается сильнее, чем земная (даже несмотря на большее тяготение Юпитера), и поэтому гигантская планета больше вспучивается на экваторе и сплюсчивается у полюсов.

Сатурн значительно меньше Юпитера и имеет период вращения минут на двадцать больше. Центробежная сила на экваторе у него меньше; несмотря на его меньшее тяготение, он должен быть не так сильно сплюснут, как Юпитер; на самом деле он сплюснут больше. Причина этого в том, что степень сплюснутости зависит еще и от распределения плотности, и если атмосфера Сатурна заметно толще, чем атмосфера Юпитера, то и сплюснутость у него будет больше.

Астроном Руперт Вильдт оценил толщину литосферы, гидросферы и атмосферы каждой планеты для того, чтобы получить наблюдаемую среднюю плотность и полярную сплюснутость. (С его соображениями согласны далеко не все астрономы, но мы все-таки возьмем их за основу.) В следующей таблице приводятся полученные Вильдтом числа, к которым для сравнения я добавил данные, относящиеся к Земле:



Планета	Литосфера (радиус в км)	Гидросфера (толщина в км)	Атмосфера (толщина в км)
Юпитер	29 600	27 200	12 800
Сатурн	22 400	12 800	25 600
Уран	11 200	9 600	4 800
Нептун	9 600	9 600	3 200
Земля	6 360	3,2	13 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Разумеется, наша атмосфера толще 13 км и что она, в сущности, не имеет постоянной толщины. Однако я беру земную атмосферу (и позже подсчитаю ее объем) только до верхних слоев ее облаков, т. е. прорезываю то же самое, что и в случае с гигантскими планетами.

Как видите, у Сатурна, который меньше Юпитера, получается гораздо более толстая атмосфера, что и объясняет, почему у него низкая плотность и необыкновенно высокая степень сплюснутости. У Нептуна самая тонкая атмосфера, и поэтому плотнее него среди гигантских планет нет.

Кроме того, оказывается, что Земля не так уж ничтожна по сравнению с гигантами, если говорить только о литосфере. Приняв, что все литосферы имеют одинаковую плотность и взяв массу земной литосферы за 1, мы получим такие массы литосфер других планет: Юпитера 100, Сатурна 45, Урана 5,5, Нептуна 3,5.

Именно необычайная величина гидросферы и атмосферы раздувает гиганты до таких размеров.

\* \* \*

Чтобы подчеркнуть последнее утверждение, было бы лучше дать не толщину различных составляющих планет, а их объем. В следующей таблице объемы приводятся в триллионах кубических километров. И снова для сравнения приводятся данные Земли.

Планета	Объем литосферы	Объем гидросферы	Объем атмосферы
Юпитер	110,7	660,1	635,5
Сатурн	47,15	135,3	758,5
Уран	5,74	31,98	34,45
Нептун	3,7	26,24	17,22
Земля	1,07	0,0014	0,0045

Сразу же видно, что литосфера гигантских планет составляет лишь небольшую часть общего объема, тогда как объем литосферы Земли почти равен общему объему

планеты. Еще яснее это будет тогда, когда, мы выразим объем каждой составляющей в процентах к общему объему планеты.

Планета	Литосфера (в % к объему планеты)	Гидросфера (в % к объему планеты)	Атмосфера (в % к объему планеты)
Юпитер	7,7	47,0	45,3
Сатурн	4,8	14,4	80,8
Уран	8,0	44,3	47,7
Нептун	8,0	55,5	36,5
Земля	99,45	0,125	0,425

Пожалуй, яснее уж не покажешь. В то время как литосфера Земли составляет 99,5% общего объема планеты, литосфера гигантских планет в лучшем случае составляет всего 8%. Примерно одна треть известного объема Нептуна — это газ. У Юпитера и Урана объем газа составляет половину общего объема, у Сатурна, наименее плотного из четырех планет, объем газа составляет целых четыре пятых общего объема. Гигантские планеты иногда называют «газовыми гигантами» и, как видите, свое название они оправдывают, особенно Сатурн.

\* \* \*

На гигантских планетах все выглядит совершенно не так, как на Земле. Атмосферы их очень ядовиты, чрезвычайно протяжены и пропускают так мало света, что на поверхности планет (даже на стороне, освещенной Солнцем) постоянно царит полный мрак. Атмосферное давление там колоссальное; и судя по всему, в атмосфере постоянно бужут неистовые ураганы.

Обычно считается, что самая высокая температура на этих планетах (на Юпитере) равна минус 100°C<sup>1</sup> и самая низкая (на Нептуне) доходит до минус 230°C, так что если бы даже мы не погибли от ураганов, давлений и ядов атмосферы, то нам бы пришлось опуститься на колоссальный, покрывающий всю планету слой замерзшего аммиака толщиной в тысячи километров.

Тут уж не только нельзя представить себе, что человек высадится на такую планету и станет там жить. На ней вообще невозможна какая бы то ни было жизнь,

<sup>1</sup> Автор несколько «подогревает» Юпитер. Многочисленные измерения согласованно показывают, что температура поверхности атмосферы Юпитера не превышает минус 140° С. *Прим. ред.*



хоть отдаленно напоминающая нашу земную.

А нет ли каких-либо изъяснений в нарисованной нами картине?

Есть, и притом большой. Это — проблема температуры. Возможно, на Юпитере совсем не так холодно, как мы думаем.

Разумеется, от Солнца он находится раз в пять дальше, чем мы, и поэтому получает раз в двадцать пять меньше солнечного излучения. Однако суть дела не в том, чтобы получить побольше тепла, а в том, чтобы его удержать. Четыре девятых света, приходящего от Солнца, отражаются, а остающиеся пять девятых поглощаются. Поглощенная часть не доходит до поверхности планеты в виде света, но она добирается туда все равно в виде тепла.

Планета обычно переизлучает это тепло в виде длинноволнового инфракрасного излучения, но газы атмосферы Юпитера (особенно аммиак и метан) довольно плохо пропускают инфракрасные лучи, которые из-за этого не уходят, а вызывают повышение температуры. И только когда она станет достаточно высока, чтобы инфракрасные лучи пробили себе путь сквозь атмосферу, установится температурное равновесие.

Возможно даже, что благодаря такому «парниковому эффекту», температура поверхности Юпитера так же высока, как и температура поверхности Земли. И это не только теоретические выкладки, потому что радиоизлучение Юпитера, открытое впервые в 1955 г., по-видимому, говорит о том, что температура его атмосферы гораздо выше той, которую долго считали возможной для этой планеты.

На других гигантских планетах температуры, возможно, тоже выше, чем считалось раньше, но весьма вероятно, что температурное равновесие наступит при более низкой, чем у Юпитера, температуре, так как другие планеты больше удалены от Солнца. Возможно, Юпитер — единственная гигантская планета с температурой поверхности выше 0°C. Это значит, что из всех гигантских планет лишь Юпитер имеет жидкую гидросферу. По схеме Вильдта вся поверхность Юпитера покрыта океаном в 27 000 км глубиной.

С другой стороны, у Венеры тоже есть атмосфера с «парниковым эффектом», который поднимает температуру поверхности выше, чем думали прежде. Радиоизлучение Венеры показывает, что температура ее поверхности гораздо выше точки кипения воды, и поэтому поверхность Венеры совершенно иссушена, а весь ее запас воды находится в облачном слое над поверхностью планеты.

Странное дело. Научно-фантастическая литература десятилетиями создавала мнение, что вся Венера покрыта океаном. Такой «всепланетный» океан действительно есть. Только на другой планете — на Юпитере... клянусь Юпитером!

\* \* \*

Говоря об океане Юпитера, проф. К. Саган утверждает: «Из этого следует вывод, что возможностей для жизни на Юпитере больше, чем возможностей для жизни на Венере».

Такая осторожность похвальна, когда ученый выступает с заявлением в научном журнале. Но сам я, выступая со своей импровизированной трибуны, ни в коем случае не обязан быть столь осторожным, и поэтому я могу позволить себе высказываться об океане Юпитера гораздо более свободно. Итак, поговорим об океане.

Если мы согласимся с картиной, нарисованной Вильдтом, то океан Юпитера у нас будет в 500 000 раз больше земного, а по объему он будет равен 620 Землям. Этот океан окружает атмосфера типа той, которая, по нынешним представлениям, окружала Землю в то время, когда на ней зародилась жизнь. Все простые соединения (метан, аммиак, вода, растворенные соли) имеются в нем в невероятном (по земным масштабам) количестве.

Для создания органических соединений

требуются источники энергии, и весьма возможно, что один из них — ультрафиолетовое излучение Солнца; как было сказано раньше, количество ультрафиолетовых лучей, достигающих Юпитера, в двадцать пять раз меньше достигающих Земли, но они не могут проникнуть глубоко в толщу атмосферы.

Тем не менее, ультрафиолетовые лучи, видимо, не стоит сбрасывать со счетов, так как окрашенные полосы в атмосфере Юпитера, вероятно, состоят из свободных радикалов (т. е. из активных молекулярных осколков), выбиваемых из обычных молекул ультрафиолетовыми лучами. Постоянное перемешивание атмосферы увлекает свободные радикалы вниз, где они, возможно, отдают свою энергию, вступая в реакцию с простыми молекулами и образуя сложные.

Даже если не принимать во внимание ультрафиолетовые лучи как источник энергии, то остаются еще два других. Во-первых, молнии. Молнии в густом «супе», называемом атмосферой Юпитера, могут быть более мощными и продолжительными, чем когда бы то ни было на Земле. Во-вторых, всегда имеется естественная радиоактивность.

Следовательно, почему бы океану Юпитера и не породить жизнь? Температура подходящая. Сырье имеется. Энергией он снабжается. Все условия, которых оказалось достаточно, чтобы породить жизнь в первобытном океане Земли, имеются и на Юпитере (если картина, нарисованная в этой главе, отражает действительное положение вещей), только они более благоприятны.

А могут ли живые существа выдержать атмосферное давление и бури Юпитера, не говоря уже о его тяготении? Но бури, как бы ни были они жестоки, могут взбаламутить только поверхность океана, глубина которого равна 27 000 км. На глубине нескольких сот метров (или километров, если хотите), будут ощущаться только медленные океанские течения.

Что же касается тяготения, то забудьте про него. Жители океана могут не обращать на тяготение вообще никакого внимания, потому что воздействие его почти полностью нейтрализуется плавучестью.

Нет, ни одно из возражений не выдерживает критики. Разумеется, такая жизнь должна возникнуть и развиваться без газообразного кислорода, но именно в таких ус-

ловиях зародилась и развивалась жизнь на Земле. И сейчас на Земле есть бактерии, которые могут жить без кислорода.

И мы снова задаем вопрос: «На какой планете солнечной системы (кроме Земли, конечно) будут скорее всего обнаружены живые существа?»

И теперь, как мне кажется, ответ должен прозвучать так: «На Юпитере, клянусь Юпитером!»

\* \* \*

Конечно, если жизнь на Юпитере и существует, то она, к сожалению, находится в полной изоляции. Существование в громадном океане вполне устраивало бы ее, но путь в окружающий громадный мир был бы закрыт для нее навсегда.

Даже если бы некоторые формы жизни на Юпитере обрели разум, который можно было бы сравнить с нашим (а есть основания полагать, что настоящие жители моря — прежде чем вы возразите мне, я напомню, что дельфины произошли от сухопутных животных — не могли бы обрести подобный разум), им не удалось бы никак заявить о себе.

Вряд ли возможно, чтобы даже разум, подобный человеческому, мог бы изобрести способ выйти из океана, пробиться сквозь тысячи миль бурной, густой, как суп, атмосферы, преодолеть колоссальное тяготение Юпитера, чтобы достичь ближайшего спутника планеты и с его незнакомой поверхностью наблюдать за Вселенной.

А пока живые существа остаются в океане Юпитера, они и не подозревают о существовании Вселенной за его пределами, разве что косвенно они ощущают поток тепла, очень слабое микроволновое излучение Солнца и еще кое-что. Без какой-либо другой подтверждающей информации микроволновое излучение казалось бы совершенно необъяснимым явлением, даже если бы оно ощущалось.

Однако долой грусть, закончим главу радостной нотой.

Если океан Юпитера так же богат живыми существами, как и наш океан, то 1/70000 его массы будет составлять живая материя. Другими словами, общая масса морских животных Юпитера составляла бы тогда одну восьмую массы нашей Луны. А это колоссальное количество рыбы!

*Перевод с английского Д. Жукова*



## КИБЕРНЕТИКА В ПОЗНАНИИ ПРИРОДЫ И ОБЩЕСТВА

КИБЕРНЕТИКА, МЫШЛЕНИЕ,  
ЖИЗНЬ

Изд-во «Мысль», 1964, 509 стр.,  
1 р. 92 к.

Вышедший в свет в конце 1964 г. сборник, открывается статьей акад. А. И. Берга, в которой намечены перспективы использования кибернетики для повышения эффективности труда советских людей по преобразованию природы и совершенствованию управления экономикой. Автор справедливо указывает, что роль кибернетики в социалистическом обществе определяется самой сущностью трудового процесса как целенаправленной, высокоэффективной, хорошо организованной (планомерной) деятельности.

В первой части, названной «Кибернетика как наука», излагаются методологические проблемы и различные взгляды на предмет кибернетики. Эти различия вызваны спецификой уточнения категории управления, в зависимости от которой на первый план выступают те или иные свойства процесса управления. Так, А. А. Марков определяет кибернетику, как науку о сложных причинных сетях, изучаемых с точностью до изоморфизма, т. е. независимо от их конкретной физической природы. В этом определении подчеркивается тот факт, что связи управления всегда образуют сложную сеть причинных зависимостей, структуру которых и изучает кибернетика. Говоря о предмете кибернетики, В. М. Глушков выделяет ту специфическую сто-

рону процессов управления, которая характеризуется циркуляцией информации. Задачу кибернетики он видит в изучении управляющих систем с точки зрения преобразования информации. А. А. Ляцунев и С. В. Яблонский, подчеркивая алгоритмический характер процессов управления, центральным звеном теоретической кибернетики считают изучение алгоритмов, перерабатывающих информацию в управляющих системах.

По существу все предлагаемые определения предмета кибернетики нацеливают эту науку на разностороннее изучение строения управляющих систем и общих закономерностей процессов управления, происходящих в сложных естественных, общественных и технических системах. Авторы сборника показывают, что методы кибернетики весьма разнообразны, а их выбор зависит от конкретно решаемой задачи. Но при всем этом, как правило, используется метод математического моделирования. Необходимость его применения вызывается тем, что кибернетика ставит перед собой цель точно описать и решать задачи, касающиеся этих процессов.

В статье И. Б. Новика рассматриваются важные проблемы, касающиеся особенностей кибернетического моделирования, сущности категорий «информация», «машина», «управление» и их соотношения с объективной действительностью. Некоторые философские проблемы кибернетики в концентрированном виде изложены в статье Б. В. Бирюкова и

В. С. Тюхтина. Авторы показывают, что кибернетика — это не просто объединение в рамках единого направления ряда различных дисциплин, но синтез, создающий качественно новую систему знаний, выступающую как единое целое в решении специфических задач управления.

Говоря о соотношении предметов кибернетики и философии, авторы подчеркивают, что каждая из этих наук исследует все три области действительности (природу, общество и мышление), однако кибернетика изучает в них только общие закономерности управления, а философия — наиболее общие закономерности всякого движения и развития.

В этой же статье рассматриваются возможности моделирования целенаправленной деятельности и творческих процессов. Несмотря на все различие современных машин и человека, перспективы преодоления которых можно предвидеть, главная особенность заключается в том, что все существующие автоматы лишены подлинной самостоятельности поведения, т. е. их схема не «машина — среда», а «человек — машина — среда».

В той или иной мере философских вопросов касаются все авторы сборника. Нельзя не отметить, что философская проблематика в рассматриваемой книге актуальна, довольно точно сформулирована, основана на глубоком знании материала, отличается убедительностью доказательств и объективностью подхода к существу кибернетических проблем.

Вторая часть книги — «Кибернетика и жизнь» и ее третья часть — «Кибернетика и изучение познавательных и психических процессов» посвящены методологическим вопросам кибернетического подхода к изучению процессов управления в живой природе, главным образом биологических и нервно-психических.

В этом аспекте А. А. Ляпунов анализирует специфику жизни, отличающую живое от неживого. Он исходит из того, что этот вопрос нужно решать не в каком-то абсолютном смысле, а применительно к конкретно поставленным задачам. По его мнению, с точки зрения задач, решаемых кибернетикой, отличие живого вещества от неживого заключается в относительной однородности живого вещества лишь для достаточно больших сфер, в его повышенной устойчивости (для этих же масштабов), обусловленной не стабильностью внешних условий, а способностью сохранять свое состояние при широких изменениях внешней среды. Причиной повышенной устойчивости является способность активно использовать получаемую информацию о состоянии внешней среды, применяя ее для выработки ответных реакций, содействующих сохранению своего состояния. Такое использование информации требует специальной системы для ее переработки и выработки управляющей информации. Автор отмечает, что для

общества, в отличие от живой природы вообще, характерно коллективное использование, хранение и усовершенствование информации.

О значении кибернетики в исследовании мозга на уровне «информационных процессов» говорится в статье А. В. Напалкова. Ш. Г. Адэншвили выступает с философским комментарием к представлениям П. Винера относительно специфики жизненных явлений, связанной с необратимостью времени.

Сравнение процессов восприятия информации человеком с процессами циркулирования информации в технических системах приводит А. Н. Леонтьева и Е. П. Кринчика к заключению о необходимости снять метафизическое противопоставление, равно как и метафизическое отождествление процессов, свойственных человеку, со сравнимыми с ними процессами в технических системах.

Л. Б. Баженов рассматривает общеметодологические аспекты проблемы осуществления функций мышления кибернетическими устройствами. Автор, на наш взгляд, без достаточных оснований отождествляет возможность представления с помощью формальных нервных сетей тех функций, которые точно описываются конечным числом слов, с возможностью воспроизведения этих функций на реальных кибернетических устройствах.

Проблемы воспроизведения

кибернетическим устройством функций живого вообще и функций мышления в частности находят отражение в статье С. М. Шалютина. В ней ставится вопрос о возможности существования искусственной (или естественной) высокоорганизованной материи, имеющей физическую природу, отличную от живого белка, но обладающей по крайней мере теми же функциями, что и живая белковая материя. Ответ на этот вопрос автор справедливо видит в решении проблемы независимости определенных функций живого от специфики его физической природы и отмечает, что современная наука не решает подобной проблемы.

В четвертой части книги, названной «Кибернетика и вопросы логики и методологии научного исследования», особо следует отметить статьи А. А. Фельдбаума и Ю. А. Гастева, посвященные роли кибернетики в рационализации обучения.

Каждая из статей сборника — оригинальное исследование, которое несомненно будет представлять интерес для всех занимающихся философскими проблемами естествознания. Выход в свет этого коллективного труда свидетельствует о растущей продуктивности сотрудничества философов и естествоиспытателей.

*Ю. А. Петров*

*Кандидат философских наук  
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова*

## ЗНАМЕНИТЫЙ ИЗОБРЕТАТЕЛЬ

Л. Д. Белькинд

ТОМАС АЛЬВА ЭДИСОН

Изд-во «Наука», 1964, 328 стр.,  
ц. 1 руб.

Имя замечательного американского изобретателя Т. А. Эдисона пользуется широкой известностью во всем мире. Многие его

изобретения прочно вошли в промышленность и в быт, стали неотъемлемой частью нашей жизни. Среди них электрическая лампочка и угольный микрофон, фонограф, положенный в основу современного патефона, и щелочной аккумулятор, первый электровоз и сотни других изоб-

ретенный и усовершенствованный в различных областях техники и технологии.

Об Эдисоне написано немало книг, многие из них вышли и на русском языке. Проф. Л. Д. Белькинд меньше всего старался повторить уже известное. Он поставил своей целью

«дать научно-технический анализ творчества Эдисона, выявить, как зародились и разрабатывались главнейшие его изобретения, что в этих работах было интуитивного и поучительного для современников и потомства». Автор хорошо справился с поставленной задачей: его монография — ценное добавление к огромной литературе об американском изобретателе.

Первая глава книги посвящена основным этапам развития электротехники. В ней кратко рассказано о работах Вольты, Фарадея, Шиллинга, Кирхгоффа, Яблочкова и других предшественников Эдисона. Затем следует биографический очерк, повествующий о большом и трудном жизненном пути изобретателя — от продавца газет и фрук-

тов до одного из самых популярных деятелей техники первой трети XX в.

Основное место в книге занимает анализ работ Эдисона в области электрической связи, звукозаписи и кинематографии, электрических источников света, производства и распределения электроэнергии, электрической тяги и электроники. Да, электроника! Знаменитый изобретатель стоял у колыбели этой необыкновенно важной в наши дни отрасли техники. Он открыл явление термоэлектронной эмиссии, названное «эффектом Эдисона», положенное в основу конструкции электронной лампы и многих других устройств автоматики и телемеханики.

С большим интересом читаются заключительные главы кни-

ги, посвященные роли Эдисона в создании современной электротехнической промышленности, организации изобретательской деятельности. Эдисон непосредственно руководил внедрением своих изобретений в практику, основывая для этого производственные и коммерческие организации. Его патенты широко эксплуатировались не только в США, но и во многих других странах.

Книга построена на строго достоверном документальном материале. Она хорошо иллюстрирована фотографиями, схемами и чертежами. В ней рассказано и о многих работах современников Эдисона.

А. С. Федоров

Москва

## БОГАТСТВА СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ

Б. П. Мантейфель

ЖИВОЕ СЕРЕБРО

Изд-во «Мысль», 1965, 229 стр., ц. 36 коп.

Об исследованиях морей Северного Ледовитого океана и Северной Атлантики накопилась уже огромная литература. Но все ли тайны открыли нам северные моря и можно ли в наше время узнать о них что-либо новое?

Б. П. Мантейфель рассказывает в своей книге о четырех экспедициях, совершенных в период 1938—1955 гг. на научно-исследовательских и поисковых судах в Баренцево, Норвежское и Гренландское моря. Перед учеными-ихтиологами и рыбаками этих экспедиций стояла задача: изучить жизнь и повадки атлантической сельди, места ее размножения, пути миграций. Без этих знаний — нельзя было владеть широким промыслом ценной рыбы.



Прежде всего надо было найти нерестилища этой рыбы, что позволило бы затем проследить ее пути и скопления. Предполагали, что атлантическая сельдь ме-

чет икру близ северо-западных берегов Норвегии, у Лофотенских островов — там, где ежегодно ранней весной собираются и выметывают икру огромные стаи баренцево-морской трески и пикши.

И вот в апреле 1938 г. к берегам Норвегии отправилось исследовательское морское судно «Персей». Вскоре после того, как судно попало в область теплого Атлантического течения, в воде обнаружили несметные количества развивающихся икринок трески. Икринки эти, превращаясь в молодых рыбешек, вместе с течением попадают в свой «детский сад» — в Баренцево море, где они подрастают и пускаются странствовать по морю. Когда взрослой треске приходит время метать икру, она всизменно отправляется на свою «родину», к Лофотенским островам.

Наиболее северные нерестилища атлантической сельди оказа-

лись там, где предполагали ученые. Большими пятнами протинулись они более чем на 300 км на склонах прибрежных мелководий вдоль Лофотенских островов. Здесь сильные струи Норвежского течения промыли и утрамбовали гальку, покрывавшую дно. В апреле, когда вода прогревается до шести градусов, на глубине 150—200 м на чистом ровном дне, пришедшая сюда из Баренцева моря половозрелая сельдь, выметывает миллиарды икринок. Вылупившиеся личинки подхватываются Нордкапским течением, которое уносит их в Баренцево море. А когда рыбки подрастут и превратятся во взрослых сельдей, они вернутся к Лофотенам метать икру...

Так была открыта тайна нерестилищ мурманских сельдей. Но это была лишь одна из загадок жизни атлантических сельдей. Для организации промышленного лова нужно было определить, куда направляется сельдь после того, как отметет икру у Лофотенских островов, по каким «маршрутам» она следует, где скапливается в стаи для откорма.

Оказалось, что мигрирующие сельди проходят по 10—12 км в сутки, а общий путь их от нерестилищ до мест откорма и зимовок, а затем обратно к нерестилищам составляет около двух с половиной тысяч километров! При этом рыба движется по строго определенным, «проторенным» маршрутам, без всяких отклонений — будто у сельдей действует какая-то самоповодящая система...

В постоянном и непосредственном контакте с опытными рыбаками ученым удалось изучить интереснейшие особенности жизни и поведения атлантических сельдей, а также других обитателей северных морей.

Излюбленная пища сельди — мелкие красные рачки калянусы. Их личинками, еле видимыми глазом, начинают питаться личинки

сельди, когда они уже израсходовали запасы желточного мешка. Взрослые сельди пожирают калянусов в огромных количествах. В июле и августе, когда рачки подрастают и «жиреют», сельдь, обнаружив их в районе Исландии в верхних слоях воды, куда они выносятся из глубин вертикальными течениями, с жадностью на них набрасывается. В этих местах скапливаются сельди разных возрастов, образуется единая стая. Сельди до того набивают свои желудки красной, томатоподобной массой рачков, что начинают извергать в воду фекалии из полупереваренных рачков и жира. Все это всплывает на поверхность, и над косяком образуется жировое пятно. Его замечают глупыши — морские птицы из отряда буревестников — и слетаются на это лакомство.

По этим признакам рыбаки стали находить так называемые кошельковые скопления сельди. В общей суматохе рыбы настолько увлекаются едой, что не слышат шума подходящего судна, не видят выметываемого вокруг них невода, в который они попадают словно в огромный кошелек.

Автор приводит любопытные сведения о стайном образе жизни рыб, добытые учеными сравнительно недавно. Уже мальки рыб почти всегда начинают жить стаями. Ведь только немногие виды рыб — например судаки, пинагоры — заботятся о своей икре и даже о выклюнувшихся личинках. Так, пинагор-самец во время отлива «поливает» струйкой воды изо рта выметанную и слипшуюся в комки икру, прикрепленную к камням, чтобы она не подсыхала на воздухе, или, обмахивая ее плавниками, аэрирует воду и не дает мути оседать на икру. Икра же и молодь большинства рыб предоставлены сами себе. Когда мальки встречаются с родителями или другими взрослыми рыбами, то те не прочь полакомиться собственными детенышами.

Стайный образ жизни помогает выживать и молодым рыбешкам, и взрослым рыбам. Интересно поведение стай в разное время суток. В светлое время мелкие рыбы держатся стаями, а с наступлением сумерек начинают рассеиваться и в течение ночи плавают разрозненно. С рассветом стая восстанавливается, ее состав нередко обновляется. Но если темной ночью в морской воде ярко светятся планктонные организмы, стая не распадаются.

Много любопытных фактов из жизни и повадок сельди и других морских рыб и животных узнает читатель этой удивительно содержательной книги.

Жизнь важнейших представителей северных морей рассматривается в тесной связи с условиями существования в этих морях: температурным режимом, течениями, особенностями развития фито- и зоопланктона, который составляет своеобразные «морские дуга», «подножный корм» для многих живых существ.

Книга «Живое серебро» родилась на основе дневниковых записей, сделанных автором во время экспедиций. Это позволило ему как бы включить читателя в напряженный ход поисков, которые вели ученые и рыбаки, и заставить его с неослабевающим вниманием следить за тем, как одна за другой открывались тайны жизни и поведения сельдей, как добытые учеными сведения немедленно использовались рыбаками, как, в конечном итоге, в северных морях был налажен широкий рыбный промысел, создана советская сельдяная флотилия и атлантическая сельдь потоками живого серебра потекла в трюмы рыболовецких судов.

Иллюстрирована книга оригинальными рисунками известных художников-анималистов Н. Н. Кондакова и О. Ф. Хлудовой.

Е. И. Ильин  
Москва

# ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО ВЕКА

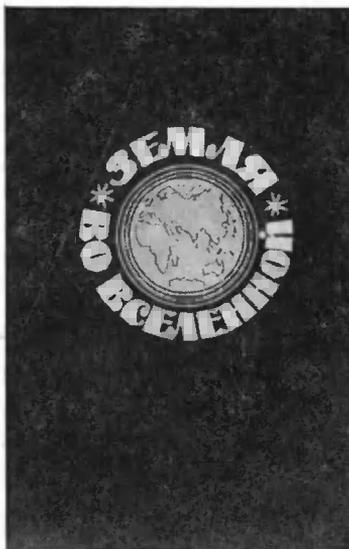
## ЗЕМЛЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Сборник. Изд-во «Мысль», 1964, 492 стр., ц. 1 р. 79 к.

Наука ведет неустанные поиски, открывая человечеству новые возможности творческой деятельности, новые пути и средства преобразования природы. С наибольшей полнотой все самое передовое и совершенное в современных научных исканиях связано с изучением космоса.

Сборник «Земля во Вселенной» — одна из первых попыток коллективного обобщения некоторых идей и опыта научных направлений, сложившихся в астрофизике, физике, геологии, биологии и медицине на основе космических исследований последних лет. В центре внимания всех авторов сборника находится важная тенденция, часто называемая космозацией естествознания. В книге рассматриваются не только новые факты, но, что еще важнее, — новые методологические проблемы дальнейшего развития науки.

Важным философским вопросом современного этапа естествонаучного познания посвящена статья Е. Т. Фадеева «Некоторые особенности современного естествознания». Автор на основе идей В. И. Вернадского и К. Э. Циолковского приходит к выводу, что уже начался непосредственный переход от геоцентрического по преимуществу естествознания к космическому естествознанию будущего. Справедливо указывая, что эта тенденция неразрывно связана и обусловлена процессом превращения науки в непосредственную производительную силу, Е. Т. Фадеев в связи с этим обсуждает интересные соображения К. Э. Циолковского «об индустрии в эфире».



Автор обстоятельно рассматривает перспективы естествознания в связи с изучением космоса, подчеркивая новые условия и возможности его развития. Однако он упускает, на наш взгляд, весьма существенное обстоятельство: ведь учение о материальном единстве мира находило свое отражение и в науке прошлого. Несмотря на свою ограниченную в эмпирическом плане геоцентрическую базу, наука по существу сумела обосновать существование во Вселенной одинаковых по своей природе объективных процессов и явлений. Поэтому резкое противопоставление одного этапа в развитии естествознания другому чревато опасностью искажения единства и преемственности в научном познании мира.

В первых двух разделах сборника («Материя и физические поля» и «Космос. Строение и развитие») рассматривается ряд достижений современной физики и астрономии, характеризующих связь микро- и мега-мира.

В статье «Строение вещества

и попытки установления единой теории материи» проф. Д. Д. Иванов анализирует современное состояние научных знаний о структуре вещества и природе физических полей. Весьма перспективной выглядит возможность превращения гравитонов (кванты гравитационного поля) в частицы вещества.

Акад. В. А. Амбарцумян исследует основные факты и важные выводы внегалактической астрономии. В его статье «О природе и эволюции галактик» внимание привлечено к неоднородности распределения вещества, и соответственно нестационарности в галактиках. Эта нестационарность относится не только к процессу звездообразования, но и к быстрым изменениям, связанным с ядрами галактик. Как известно, эти фундаментальнейшие выводы, полученные автором статьи, бесспорно имеют также и методологическое значение, вскрывая содержание и сущность процесса развития в астрономии.

На основе оригинальных наблюдений проф. Б. А. Воронцов-Вельяминов раскрывает возможность существования в галактиках еще неизвестных в физике сил, отличающихся от силы притяжения. В статье С. С. Гамбурга «Закономерности подобия солнечной и планетной систем» проводится интересная аналогия между системой Солнца — планеты и, соответственно, планеты — спутники планет. По мнению автора, такие совпадения объясняются стадийным характером образования этих систем.

Проблемам эволюции и динамики Солнца посвящена статья С. Б. Пикельвера, в которой отмечается, что весьма вероятно, на ранней стадии своего развития Солнце представляло собой сжимающийся газовый шар, в

существовании которого большое значение принадлежало магнитному полю. В. В. Федьинский дает обстоятельный обзор процессов, для исследования которых необходимо взаимодействие наук о Земле и астрономии (акреция метеорного вещества и космической пыли, взаимосвязь магнитного поля Земли и глубинных планетных разломов в коре и т. д.).

Уже первые шаги в освоении космоса принесли огромный фактический материал, который не только по-новому освещает существующие теории и гипотезы, но ставит ряд новых проблем в различных областях естествознания. Это положение полностью относится и к геологии, где для объяснения множества явлений все чаще используются космические факторы, поскольку между ними и земными явлениями существует тесная зависимость.

С этих позиций несомненный интерес представляет третий раздел сборника: «Земля. Строение и развитие». Авторы статей убедительно показывают, что ряд таких явлений, как деформация земной коры, периодичность изменений климата в прошлых геологических эпохах, образование глубинных (планетарных) разломов, изменение геомагнитного поля Земли и другие теснейшим образом связаны с процессами, происходящими во Вселенной. Так, Б. Л. Личков проводит мысль о том, что все оболочки Земли (атмосфера, гидросфера и литосфера) характеризуются единой зональностью, возникшей в результате изменения скорости вращения нашей планеты.

В обстоятельной статье Т. Д. и С. Д. Резниченко приводятся новые оригинальные данные, показывающие зависимость изменений в геологической истории Земли от режима суточного вращения. Авторы на свежем фактическом материале убедительно показывают влияние изменений климата на скорость вращения

Земли, что в свою очередь является одной из причин тектонических процессов в земной коре.

Читатель безусловно не оставит без внимания и статью В. А. Цареградского, который также считает одной из основных причин деформации земной коры изменения режима вращения Земли. Автор, основываясь на математических расчетах, приходит к выводу, что изменениями физико-химического состояния вещества внутри Земли нельзя достаточно полно объяснить периодичность образования деформаций земной коры, их географическое распределение и другие особенности этих явлений.

Г. Ф. Лунгерстаузен отмечает, что периодические колебания климата на протяжении геологической истории Земли носили планетарный характер и органически связаны с изменениями интенсивности солнечной радиации и положением Солнца в Галактике. По мнению автора, на климат Земли влияет также способность скопления пылевидных масс, постоянно присутствующих в пределах Галактики, способность поглощать часть солнечной энергии, что приводит к понижению средней годовой температуры на поверхности Земли.

Интересным вопросом тектонической жизни земной коры посвятил свою работу В. В. Пиотровский, который использовал в своей работе большой фактический материал.

Возросшую роль палеомагнетических исследований при решении важных вопросов геофизики и геологии подчеркивает С. Ю. Бродская. Новые данные из области палеомагнетизма значительно облегчат работу специалистов по уточнению геохронологической шкалы и позволят более обстоятельно рассматривать стратиграфию отдельных регионов. Кроме того, как справедливо

отмечает П. Н. Кропоткин, палеомагнетизм позволяет наметить пути для решения вопроса о масштабах и механизме движений земной коры.

В заключительных разделах сборника рассматривается влияние солнечной активности на течение некоторых биологических процессов, а также связь биосферы Земли с физическими полями. А. Л. Чижевский прослеживает общие черты периодического ухудшения состояния больных и ослабленных организмов в связи с «Z-излучением» Солнца.

Другие авторы обнаруживают под влиянием солнечных воздействий такие внутренние явления, как значительные колебания численности белых кровяных телец (Н. А. Шульц), изменения состояния крови вообще, резкое увеличение массового размножения насекомых (Н. С. Щербиновский).

Общим недостатком этих работ, несмотря на оригинальность материала, является то, что многие выводы носят несколько умозрительный характер, несмотря на обилие справок и таблиц. В ряде случаев фактический материал несколько устарел, а его анализ проводится в отрыве от современных данных науки.

Изучение физических, геологических и биологических закономерностей на материале новейших космических исследований только начинается. Статьи в сборнике дают основание утверждать, что наиболее сложные проблемы могут быть решены объединенными усилиями ученых, опирающихся на выводы, достигнутые в результате тесной взаимосвязи наук, изучающих свойства и закономерности существования и развития космических объектов.

*В. А. Галюк,  
И. Б. Новик,  
М. С. Слуцкий*  
Москва

# ГРУБОЕ ИСКАЖЕНИЕ ОСНОВ КРИСТАЛЛОГРАФИИ

П. С. Вадило

## КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ МЕТАЛЛОВ

Изд-во «Металлургия», 1964, 182 стр., ц. 51 коп.

«Кристаллизация металлов» — книга с таким названием безусловно привлечет внимание самого широкого круга читателей. К тому же хорошей рекламой служат и красочная обложка, и солидная марка издательства, и изобилие иллюстраций. К сожалению, достоинства книги П. С. Вадило ограничиваются только ее нарядным внешним видом и многообещающим названием.

Ознакомление с книгой, претендующей на «общедоступное изложение основ современной теории кристаллизации» (стр. 3), показывает, что автор не знает и не понимает элементарнейших основ кристаллографии, ее азбучных истин. При чтении ее создается впечатление, что автор, подготавливая «для рабочих рационализаторов в области металлургии и в других областях техники»<sup>1</sup> научно-популярное изложение основ кристаллографии и кристаллогенезиса, отнесся к этому важному делу несерьезно. В книжке можно встретить такие анекдотические выражения, как «молекулы меда», «сила ребра» (речь идет о ребре на кристалле), «раствор воздуха» и т. д. Нелепости громоздятся одна на другую. Частицы, слагающие кристалл, могут, по мнению автора, быть «живыми организмами» (стр. 5) и он даже рассуж-

<sup>1</sup> См. аннотацию на обложке книги.

дает об особых силах связи между бактериями в кристаллах (стр. 21).

Любой студент-первокурсник, изучающий вводный курс в кристаллографию, обязан твердо знать определения таких основных понятий, как «простая форма», «кристаллографическая сингония (система)», «элементы симметрии» и др. П. С. Вадило не желает знать всего этого. Он утверждает, что «форма, образованная одинаковыми гранями, пересекающимися под одним и тем же углом, называется простой» (стр. 7). Достаточно вспомнить хотя бы дитригональную призму, столь обычную для кристаллов турмалина (важнейшего пьезо- и пирозлектрика) и дигексагональную призму, встречающуюся на кристаллах всем известного минерала плодородия — апатита, чтобы сразу же обнаружить несостоятельность этого определения. Равные углы между гранями этих призм чередуются, как известно, через один. Твердо доказано, что число простых форм в кристаллографии — 47. П. С. Вадило с этим не согласен: в его книжке число простых форм равно 48! Автор книги дает грубо искаженное представление о строении атома, химической связи, изоморфизме, эпитаксии, двойниках, он неправильно определяет элементарную ячейку, единичную градь, путает понятие элементов симметрии с преобразованиями симметрии, не умеет различать кристаллографических систем (сингоний) и относящихся к ним форм и т. д., и т. п.

П. С. Вадило высказывает

в своей книге ряд «теорий», лишенных какой-либо серьезной экспериментальной и теоретической основы. На стр. 63 он ополчается на применение универсального принципа симметрии П. Кюри в области кристаллогенезиса, не поняв его существа. Не выдерживают критики его высказывания о дислокационной теории роста кристаллов, которая безусловно является одним из крупнейших достижений современной кристаллографии. Насколько автор понимает сущность этой теории видно из безграмотного рисунка на стр. 55.

Значительное место в книге занимают описания собственных опытов и наблюдений П. С. Вадило, проводившихся в примитивных условиях, без применения специальной аппаратуры. Выводы, получаемые автором, обычно совершенно не обоснованы и перемешаны с неправильными утверждениями и заключениями. Несмотря на многообещающее заглавие, читатель найдет в книге очень мало сведений об особенностях кристаллизации собственно металлов.

Глубоко ошибочны также многие рисунки (1, 3, 12, 13, 17, 34, 54, 93, 99, 104, 124 и др.).

Распространение этой книги ничего не может принести, кроме вреда.

*Профессор И. И. Шафрановский*

*Ленинградский горный институт  
им. Г. В. Плеханова*

*Профессор В. А. Франк-Каменецкий*

*Ленинградский государственный университет  
им. А. А. Жданова*

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ, № 10 ЖУРНАЛА «ПРИРОДА»

Образ жизни и болезни сердца. Статья действительного члена АМН СССР  
проф. **В. В. Парина**

## СЕМЬ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗА ДВА ДНЯ

16 июля 1965 г. в Советском Союзе одной ракетой-носителем выведены на околоземные космические орбиты пять спутников: «Космос-71», «Космос-72», «Космос-73», «Космос-74» и «Космос-75». Впервые в истории освоения космического пространства такое количество исследовательских спутников запускается одновременно.

В этот же день был поставлен еще один космический рекорд — запущено самое грандиозное из всех созданных до сих пор искусственных космических тел — научная космическая станция «Протон-1», оборудованная специальной научной аппаратурой для проведения исследования космических частиц сверхвысоких энергий. До сих пор эти исследования проводить было очень трудно, так как для отфильтрования частиц с достаточно высокими энергиями надо применять настолько тяжелые экраны, что вывести их на прежних искусственных спутниках в космическое пространство было невозможно. Обнаружить такие первичные сверхэнергичные космические частицы непосредственно на поверхности Земли не удалось, так как они уже в верхних слоях атмосферы сталкивались с ядрами составляющих ее атомов и передавали свою энергию целому ливню вторичных космических частиц и лишь по изучению этих ливней можно было судить об энергии первичной частицы.

Общий вес полезного груза, выведенного на орбиту при запуске станции «Протон-1» (без последней ступени носителя), составляет 12,2 т. Это почти на три тонны больше рекордного груза, поднятого в космос американской ракетой «Титан-3с». Кроме того, в отличие от «космического манекена», как называют сами американцы «полезную нагрузку» «Титана-3с», «Протон-1» — рабочая космическая лаборатория.

Для запуска такой станции в целях обеспечения выполнения намеченной программы исследования космического пространства в Советском Союзе создана новая мощная ракета-носитель.

Все эти шесть спутников исследуют околоземную область космического пространства. Пять «Космосов» движутся по близким к круговым орбитам с расстоянием от поверхности Земли — 550 км. Космическая станция «Протон-1» выведена на орбиту с апогеем 627 км и перигеем 190 км.

Для проведения научных исследований в межпланетном пространстве в соответствии с программой изучения космического пространства всего через два дня после этих запусков, 18 июля 1965 г., в Советском Союзе осуществлен запуск космической многоступенчатой ракеты-носителя с автоматической станцией «Зонд-3».

Последняя ступень ракеты-носителя вывела на промежуточную орбиту тяжелый искусственный спутник Земли. Затем в заранее рассчитанный момент времени с борта спутника стартовала космическая ракета, которая сообщила автоматической станции «Зонд-3» скорость, необходимую для выведения на гелиоцентрическую орбиту.

Движение автоматической станции происходит по траектории, близкой к расчетной.

Штурм космоса продолжается все ускоряющимися темпами.

## СОЕДИНЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННЫХ ХРОМОСОМ

Группа ученых Института Слоун-Кеттеринга в Нью-Йорке сообщила съезду Федерации американских обществ экспериментальной биологии, что обнаружено вещество, способствующее восстановлению поврежденных радиацией клеток. Им оказалась дезоксирибонуклеиновая кислота.

Как установлено, хромосомы клеток в тканевой культуре заметно расщепляются при первом после облучения рентгеновскими лучами делении клеток. Если доза радиации невелика, то большинство таких разломов восстанавливается само по себе путем соединения концов, хотя иногда концы соединяются неправильно.

Когда в культуре клеток китайских хомячков после облучения добавлялась дезоксирибонуклеиновая кислота, разломы хромосом исчезали быстрее и количество клеток с отклонениями от нормы в хромосомах заметно снижалось. При указанной обработке выживает значительно большее число клеток по сравнению с нормой.

Более ранние исследования показали, что когда облученным животным впрыскивали дезоксирибонуклеиновую кислоту, они выживали и в тех случаях, когда при других обстоятельствах обязательно погибли бы. Используемую в экспериментах кислоту получали из белых кровяных телец человеческой крови. Механизм, при помощи которого клетки используют чужую кислоту для «ремонта» своих клеток, пока еще не известен.

«Science News Letters», v. 57, 1965, № 17, p. 259 (США)

## КАРМАННЫЙ КАРДИОГРАФ

Миниатюрный электрокардиограф на транзисторах, названный «Минископом», создан американской фирмой Westinghouse Electric. Этот незаменимый помощник врача при вызовах на дом по поводу сердечных приступов у

больных, весит всего 1,3 кг. «Минископ» работает от четырех батареек для карманного фонаря, которые периодически перезаряжаются. «Electronics», 1965, № 3, p. 71 (США)

## СОЛНЦЕ — «МЕТЛА» ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Как известно, в период повышенной активности Солнце часто испускает мощные потоки заряженных частиц, которые при взаимодействии с магнитным полем Земли вызывают магнитные бури, полярные сияния и другие геофизические явления. Кроме того, в межпланетном пространстве обнаружен так называемый «солнечный ветер» — непрерывное и довольно спокойное истечение солнечных газов. Благодаря присутствию магнитных полей в таких потоках солнечного вещества следует ожидать, что космические лучи будут «выталкиваться», «выметаться» из ближайших окрестностей Солнца. В результате по мере приближения к Солнцу должно наблюдаться уменьшение интенсивности космических лучей. Какова скорость такого уменьшения в расчете, например, на одну астрономическую единицу или, как принято называть, каков градиент интенсивности космических лучей в межпланетном пространстве?

Современное состояние теории межпланетной среды позволяет получить лишь приближительные, ориентировочные значения этого градиента. Более определенные данные можно получить лишь путем прямых ракетных измерений интенсивности космических лучей в межпланетном пространстве.

Первые измерения на американской ракете «Пионер-5» в 1960 г. показали, что в пределах ошибок эксперимента градиент не обнаруживается. Однако более поздние измерения (сентябрь—декабрь 1962 г.) на ракете «Маринер-2» позволили Х. Нееру и Х. Андерсону (США)<sup>1</sup> сделать вывод, что вблизи земной орбиты в межпланетном пространстве градиент космических лучей составляет около  $12 \pm 4\%$  на одну астроно-

## НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АСТРОФИЗИКИ

В конце мая 1965 г. состоялось заседание рабочей комиссии по релятивистской астрофизике, на котором выступили чл.-корр. АН СССР В. Л. Гинзбург (об астрофизике космических лучей) и проф. И. С. Шкловский (о сверхзвездах — квазарах).

До сих пор недостаточно ясно, все ли космические лучи внутригалактического происхождения или заметная их часть приходит из метagalактического пространства. Плотность энергии космических лучей в нашей Галактике составляет  $10^{-12}$  эрг/см<sup>3</sup>, а в радиогалактиках еще на 2—3 порядка больше, в то время как в Метагалактике она, по имеющимся сведениям, значительно меньше (по оценке Гинзбурга и Сыроватского — не превосходит  $10^{-15}$  эрг/см<sup>3</sup>). Следовательно, если не придумывать специального невероятного механизма какой-то «накачки» космических лучей в галактики, то при изотропном распределении космических лучей в Метагалактике нельзя считать наблюдаемые у Земли космические лучи метagalактического происхождения.

Недавно проф. С. Б. Пикельнер выдвинул гипотезу, что между некоторыми галактиками может существовать «магнитный мост», и они как бы «нанизаны» на магнитное поле. В такой схеме космические лучи в Метагалактике были бы анизотропными (двигались в основном вдоль поля) и могли бы втекать в Галактику в достаточном количестве. В. Л. Гинзбург не считает эту гипотезу убедительной, так как все наблюдения и оценки говорят о высокой изотропии космических лучей. Поэтому наиболее вероятно, что наблюдаемые у Земли космические лучи создаются в самой Галактике в результате взрывов сверхновых звезд и, возможно, взрывов галактического ядра. Однако до сих пор остается неясным характер «границ галактик», «границ» сверхновых звезд и условия выхода из них космических лучей. Не выяснен еще и механизм нагрева метagalактической среды. Нельзя также считать решенным один из самых старых вопросов — о механизме генерации и ускорения космических лучей. И, наконец, загадочно примерно одинаковое распределение космических лучей по энергиям во всех галактиках.

Метагалактическую среду можно рассматривать как плазму в магнитном поле, а как известно, в такой плазме много неустойчивостей. Пренебречь ими нельзя, но можно оценить время, в течение которого такая неустойчивость просуществует. Плотность электронов и протонов в метagalактическом пространстве порядка  $10^{-5}$  частиц/см<sup>3</sup>, а этому соответствует характерная частота колебаний  $10^2$ . Такие колебания раскачиваются пучком космических лучей всего за десятки лет. В результате пучок космических лучей будет быстро рассеиваться, космические лучи станут изотропными — никакая анизотропия в плазме обычно долго удержаться не может.

Всюду, где сильное поле переходит в слабое, т. е. на границах галактик, космических облаков, в радиогалактиках и сверхновых звезд, космические лучи сами создают слой завихрений магнитного поля, который их не выпускает наружу. Это трудно доказать, но здесь возникает надежда найти объяснение существования границ галактик.

Теория плазмы подсказывает еще одну возможность: высокочастотные колебания плазмы могут ускорять космические частицы.

<sup>1</sup> См. «Journal of Geophysical Research», v. 69, 1964, № 9, p. 1911—1913.

В нагреве метагалактического пространства могут играть роль плазменные колебания, создаваемые космическими лучами, а также субкосмические лучи, т. е. частицы, движущиеся со скоростью около 1/10 скорости света. Непосредственных данных о них нет, так как магнитное поле Солнца не дает им возможности достигнуть Земли. По плотности космических лучей можно судить и о плотности магнитного поля. Если первая в Метагалактике составляет  $10^{-15}$  эрг/см<sup>3</sup>, то напряженность магнитного поля в Метагалактике должна быть меньше  $10^{-7}$  эрстед.

И. С. Шкловский считает, что все количество космических лучей в Галактике не может быть объяснено за счет внутригалактических источников и, следовательно, «необходимо предположить втеkanie их из Метагалактики. Хотя плотность космических лучей в Метагалактике по его мнению меньше, чем та, которую приводил В. Л. Гинзбург, не исключена возможность значительного повышения этой плотности в отдельных участках. Например, в радиогалактике Центавр А плотность космических лучей в 100 раз выше, чем в нашей Галактике. При расстоянии в 12—13 млн. световых лет она могла бы, на известном этапе своего развития, как бы вспыскивать космические лучи в окружающие галактики.

В своем докладе И. С. Шкловский сообщил, что за последнее время удалось идентифицировать с оптическими источниками еще пять квазаров, в частности СТА-102 и ЗС-9, и по красному смещению в спектре определить их расстояние от Земли, которое составляет не меньше 6—8 млрд. световых лет. Мощность нетеплового излучения ЗС-273 оказалась приблизительно  $3 \cdot 10^{47}$  эрг/сек, что в 1000 раз больше, чем мощность излучения галактик-гигантов.

Грубая модель квазара может быть такой: центральная, более плотная часть, диаметром около 400 млрд км, окружена газовой оболочкой, простирающейся до 5—30 световых лет. Все это окружено излучающей радиоволны областью на сотни световых лет. Измеренные угловые размеры квазара уменьшаются с уменьшением длины волны и уже в инфракрасной области могут иметь размеры ядра, которые мы привели.

Какое место занимают квазары в системе мироздания? По мнению проф. Шкловского это нормальная весьма активная стадия в создании радиогалактик и активная стадия в эволюции ядер уже сложившихся галактик.

Есть галактики (так называемые Сейфертовские), у которых 95% света концентрируется в ядре размером около 300 световых лет и спектральная характеристика почти такая же, как у квазаров, хотя мощность излучения значительно меньше. Именно то, что явление большей мощности естественно реже, чем явление малой мощности, объясняет редкость квазаров по сравнению с Сейфертовскими галактиками, и, следовательно, их большую удаленность.

Химический состав квазаров тождествен химическому составу планетарных туманностей, т. е. классическому составу межзвездной среды. Что касается межгалактической среды, то она, по-видимому, аномально бедна тяжелыми элементами.

Аналогия между сейфертовскими галактиками и квазарами становится еще большей, если проанализировать недавние наблюдения радиоизлучения сейфертовской галактики NGC-1275 на сантиметровом диапазоне. Из характера спектра можно сделать важный вывод, что источник коротковолнового радиоизлучения в этой галактике имеет

мическую единицу. Это не противоречит теоретическим расчетам Л. И. Дормана (СССР)<sup>1</sup>, который на основании динамической модели с расширяющейся намагниченной плазмой и «солнечным ветром» получил величину от 5 до 50% на 1 а. е. в зависимости от предполагаемой межпланетной напряженности магнитного поля, от коэффициента диффузии и энергии частиц галактических космических лучей.

Л. И. Ми ро ш н и ч е н к о  
Москва

## МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ РАКЕТА «МЕТЕОР»

В июне 1965 г. в районе г. Устка была запущена первая метеорологическая ракета «Метеор», созданная польскими учеными и инженерами. Она предназначена для исследования верхних слоев атмосферы, скорости и направления движения ветра на различных высотах.

Работы по созданию ракеты и подготовке ее экспериментального запуска продолжались около трех лет. В течение этого периода была проведена серия испытаний различных моделей ракет. В результате был отработан образец ракеты, способный достигать высоты, превышающие 35 км.

Двухступенчатая ракета весит 32 кг и имеет длину 2,5 м. Скорость ее полета 1100 м/сек. В своей верхней части она несет примерно полкилограмма миниатюрных стеклянных иглолок. После достижения ракетой потолка полета — 37 км иглолки вылетают из ее корпуса и рассеиваются в облаках. Диаметр облета иглолок составляет несколько километров.

Запуск ракеты «Метеор» — новое достижение польской науки. Подобные запуски и исследования, выполняемые метеорологическими ракетами, до сего времени осуществлялись, кроме СССР и США, только во Франции, Японии и Италии.  
«Zycie Warszawy» от 17 июня 1965 г.  
(Польша)

<sup>1</sup> См. Л. И. Дорман. Современное состояние проблемы вариаций космических лучей (Дополнение к книге А. Рамакришнан «Элементарные частицы и космические лучи»). Изд-во «Мир», 1965, стр. 582—604.

## ЗАГАДКА ПЛУТОНА

Планета Плутон со времени ее открытия в 1930 г. — загадка для астрономов. Как известно, она была открыта при вычислении возмущающего действия, оказываемого планетой на движение ближайших к ней Урана и Нептуна. Предполагалось, что Плутон меньше Земли и, возможно, даже Марса. В связи с этим выдвигалась гипотеза, что Плутон — всего навсего бывший спутник Нептуна, который почему-то стал вращаться по независимой от Нептуна орбите. В 1955 г. была измерена яркость Плутона, причем было обнаружено, что она регулярно меняется с циклом в несколько дней. На основании этого исследователи определили период вращения планеты в 6 дней 9 час., диаметр планеты — 3700 миль. В течение 1964 г. была произведена серия новых измерений при помощи 24-дюймового телескопа. Фотометрические измерения дали очень надежные результаты. Так, период вращения планеты оказался равным 6 дням 9 час. 16 мин. 54 сек. Видимый диск планеты, согласно новым данным, имеет наибольшую яркость в центре с потемнением у краев. Это дает основание сделать важный вывод: определенная ранее величина диаметра (3700 миль) фактически относится только к освещенной центральной зоне, а не ко всему диску. Величина планеты, очевидно, намного больше, чем предполагали до сих пор. Возможно, Плутон значительно больше Земли и обладает соответствующей массой. Новые результаты ставят под сомнение гипотезу о том, что Плутон — бывший спутник Нептуна.

*«New Scientist», v. 25, 1965, № 435, p. 691 (Англия)*

## НОВЫЙ КАУЧУК

Итальянская фирма «Монтекатини» разработала новый вид каучука «тектофлон», содержащий фтор. Отличительная особенность нового материала — стойкость к действию высоких температур и активных химических соединений. Тектофлон сохраняет эластичность и другие механические качества после длительного выдерживания при вы-

очень малые размеры — около 0,5 светового года! По существу такой малый объект с огромной мощностью теплевого радиоизлучения не отличается от квазара, только он не проявляет себя в видимых лучах. Вполне вероятно, что в ядрах сейфертовских галактик находятся такие «невидимые квазары». По-видимому, причиной ионизации и возбуждения газов в ядрах сейфертовских галактик является рентгеновское излучение этих «невидимых квазаров».

В заключение И. С. Шкловский рассказал, что американский астроном Болтон провел статистическое обследование 150 идентифицированных галактик и оказалось, что они распределены по небу неравномерно.

*М. А. Корец,  
З. Л. Понизовский  
Москва*

## КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ КИБЕРНЕТИКОВ

Все большее место в самых различных областях нашей жизни занимает электронная вычислительная техника. Она стала поистине вседушею. Однако проектировщикам вычислительных машин не всегда удается избрать наилучший путь, ведь в создании этих сложных систем немалую роль до сих пор играет его интуиция. Поэтому так важно вооружиться теоретически обоснованными методами. Именно они позволят находить оптимальные решения задач, то и дело возникающих перед конструкторами.

Этим вопросам был, в частности, посвящен ряд сообщений на состоявшейся в Киеве конференции молодых исследователей по теоретической кибернетике.

В каком направлении следует дальше развивать теорию цифровых автоматов, чтобы поставить создание вычислительной техники на прочную теоретическую основу? Каковы новые тенденции в разработке конкретных приложений этой теории? Об этом шла речь в докладе акад. В. М. Глушкова.

В развитии теории абстрактных автоматов и теории игр значительную роль играет моделирование простейших форм коллективного поведения и, следовательно, установление основных его закономерностей. Поэтому вполне понятен интерес участников конференции к докладу на эту тему, сделанному М. Л. Цетлиным.

Дальнейшему исследованию проблем самоорганизации сложных систем, созданию автоматов, способных самостоятельно изменять свою структуру для наилучшего решения возникающих перед ними задач, посвятил свое выступление Я. М. Барздинь.

Проблемы, связанные с развитием автоматического перевода, были поставлены О. С. Кулагиной и И. А. Мельчуком. Вопросы распознавания зрительных и слуховых образов, решение которых позволит установить простой и естественный контакт с машиной, рассматривались, в частности, в докладах В. А. Ковалевского и его сотрудников.

Свыше пятидесяти молодых ученых Киева и Москвы, Новосибирска и Ленинграда, Еревана, Львова и Томска, Николаева и Одессы выступили на этой интересной конференции. Она позволила талантливым исследователям-теоретикам обменяться накопленным опытом

работы в одинаковых или смежных направлениях, поделиться соображениями по наиболее актуальным проблемам теоретической кибернетики, установить личные творческие контакты.

Ю. Ф. Г а р н о р у д е р  
Внештатный корреспондент «Природы»  
Киев

## БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ В ТОМСКЕ

С 1 по 5 июня 1965 г. в Томском медицинском институте проходила вторая научная конференция, посвященная вопросам гематологии, радиобиологии и биологического действия магнитных полей. Наибольшее внимание привлекла секция магнитобиологии, на которую было представлено 30 докладов ученых из разных городов Советского Союза.

Исследователи из Томского медицинского института и политехнического института, работающие под руководством чл.-корр. АМН СССР И. В. Торопцева, уже несколько лет изучают влияние магнитного поля (постоянного и переменного) на целостный организм экспериментальных животных. Установлено, что магнитные поля напряженностью от 200 до 7000 эрстед, действующие в течение 6—500 час., могут вызвать у морских свинок морфологические изменения повреждающего характера почти во всех органах и тканях, но особенно ранимыми оказались яичники, легкие и селезенка. При функциональной нагрузке (например, мышцы и спинной мозг при плавании) органы поражаются магнитным полем сильнее, чем в покое. Действие переменного поля (50 гц) выявлялось ярче, чем действие постоянного. При иммунологических исследованиях магнитное поле подавляло продукцию вирусного антигена и ускоряло продукцию корпускулярного антигена.

В докладах иногородних исследователей указывалось, что у лиц, работающих в условиях магнитных полей напряженностью от 150 до 1500 эрстед, отмечали нарушения со стороны нервной и сердечно-сосудистой системы, однако магнитное поле можно было использовать и как лечебный фактор при трофических язвах конечностей, зубных болях и т. д. Было отмечено, что магнитное поле влияет на электрическую активность целостного мозга млекопитающих, а также отдельных его нейронов. Эта реакция не изменялась после повреждения некоторых отделов головного мозга, что может свидетельствовать о непосредственном действии магнитного поля на нервную ткань, причем из структурных элементов нервной системы наибольшие изменения наблюдались в глиальных клетках. В магнитном поле у планарий тормозились условные и безусловные рефлексы, у мышей нарушался процесс переучивания, у человека снижалась чувствительность к электрическому току и угнеталась память.

Ориентация в магнитном поле Земли влияла на скорость выведения из яйца птенцов диких голубей и на формирование пола у птиц и млекопитающих.

У растений магнитное поле снижало потребление кислорода и ускоряло прорастание корешков, угнетало фотосинтез и увеличивало число хромосомных aberrаций после воздействия ионизирующих излучений.

сокой температуре. Высокая химическая стойкость допускает использование его с большинством химических веществ, употребляемых в настоящее время в промышленности. Процесс вулканизации текнофлона очень прост и требует минимального количества компонента: окиси металла, наполнителя (например, сажи) и вулканизатора (типа диамин). Варьируя соотношение и качество компонентов, легко получить каучук с различными свойствами.

«Mechanical engineering», v. 87, 1965,  
№ 5, p. 134 (США)

## ТОРФО- ЛИГНИНОВЫЕ УДОБРЕНИЯ

В Микробиологическом институте Чехословацкой Академии наук в Праге испытывается новый тип биоминерального удобрения, для приготовления которого используются отходы бумажно-целлюлозной промышленности в смеси с разными типами торфа, лигнинного порошка или иных органических компонентов. Новое торфо-лигнинное удобрение образуется путем компостирования всех составных частей, нужных для его производства. Для этого применяются найденные в почве специфические микроорганизмы, по преимуществу типа Clostridium, способные использовать растворимые и нерастворимые формы лигнина. Время приготовления удобрения при нормальной температуре — 90—120 дней. Новое удобрение было успешно использовано на полях картофеля, кукурузы и капусты. Во всех случаях это дало повышение урожая. В текущем году испытания продолжаются.

«Bulletin Československé Akademie věd»,  
1965, с. 6 (ЧССР)

## ЭЛЕКТРОННОЕ КОЛЬЦО, СВЯЗАН- НОЕ С ВЗАИМОДЕЙ- СТВИЕМ ГАЛАКТИК

Недавно удалось сфотографировать гигантское электронное кольцо, окружающее край удаленной от нас галактики (M-81). Как полагают, причина его воз-

никновения — это взрыв другой галактики (M-82) примерно 10 млн. лет тому назад. Таким образом, вероятно, получены первые данные, свидетельствующие об извержении вещества одной из галактик Вселенной по направлению к другой галактике на огромное расстояние в космосе. Это также первое свидетельство наличия магнитного поля спиральной галактики. Дело в том, что зафиксированная слабая светимость кольца объясняется тем, что электроны, которые обычно невидимы, попадая в магнитное поле, становятся видимыми. Они как бы нанизываются на магнитные силовые линии поля и в своем спиральном движении вокруг них излучают световую энергию. Но и в этом случае светимость кольца оказывается настолько слабой, что для фотографирования потребовались специальные методы. Удачно было использовано и самое темное за последние 11 лет ночное небо: Солнце находилось в состоянии пониженной активности.

Доктор Х. Арп (Вильсонская и Паломарская обсерватория) указывает на целый ряд причин, связанных с положением кольца, которые дают основание полагать, что электронное кольцо вокруг галактики M-81 образовалось именно в результате взрыва, происшедшего в галактике M-82. Установлено, что в настоящее время кольцо находится на расстоянии 100 000 световых лет от галактики M-82. Диаметр кольца также составляет примерно 100 000 световых лет. Предварительные результаты наблюдений показывают наличие некоторой поляризации излучения. Д-р Арп считает необходимым провести в ближайшее время дальнейшее изучение поляризации, а также выяснить излучает ли электронное кольцо энергию в диапазоне радиоволн.

«Science News Letters», v. 37, № 19, 1965, p. 295 (США)

## ФОТОГРАФИРОВАНИЕ ЖИВОГО СЕРДЦА

Медицинскими исследованиями, проведенными в Гарвардской медицинской школе, разработан метод фотографирования полостей работающего сердца в ус-

Одноклеточные (парамеции) при движении предпочитали оставаться у южного полюса магнита. У них отмечалось изменение ориентации ядра и снижение количества РНК при действии магнитного поля.

В печени мышей было обнаружено снижение активности фермента сукциндегидрогеназы, что свидетельствует об изменении окислительных процессов в магнитном поле. Отмечалось, что замедление реакции оседания эритроцитов крови можно объяснить не влиянием магнитного поля, а слабым нагреванием.

На конференции сообщалось также, что вода, обработанная магнитным полем, увеличивает урожай растений, но угнетающе действует на животных, вызывая реакцию напряжения.

Таким образом, магнитное поле обладает определенным биологическим действием, физико-химический механизм которого пока еще не ясен. Дальнейшее развитие магнитобиологии поможет выяснить детали важнейших процессов жизнедеятельности.

Ю. А. Холодов

Кандидат биологических наук

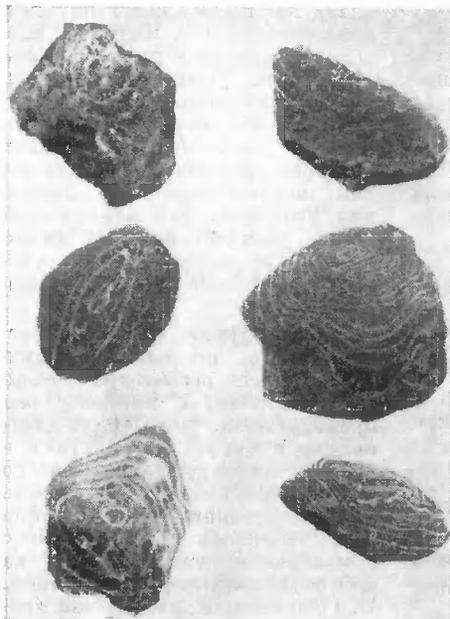
М. сква

## ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПОЛЮСА И ОКАМЕНЕЛЫЕ ДЕРЕВЬЯ

В последние годы как в Советском Союзе, так и за рубежом проводились и проводятся многочисленные исследования по палеомагнетизму. В основу этих исследований положена гипотеза о перемещении географических и одновременно с ними магнитных полюсов Земли на протяжении геологической истории. Так, согласно гипотезе, Северный полюс перемещался из области Тихого океана в арктический бассейн. Однако ряд ученых, как, например, палеоботаник А. П. Криштофович (1955) отрицает такое перемещение полюса, по крайней мере, в третичном периоде.

При палеомагнитных исследованиях эффузивных пород триаса на Урале автор получил вероятные координаты северного магнитного и географического полюса в этот период — 45° с. ш. и 125° в. д. Как выяснилось, такое положение географического полюса в триасе не соответствует палеогеографическим данным. Поэтому было решено попытаться установить направление географического меридиана по ископаемым деревьям триасового возраста. По широте годовых колец и асимметричному положению сердцевины дерева можно определить южную и северную сторону ствола, а следовательно и направление географического меридиана.

В Коркинском угольном карьере, в 50 км к югу от Челябинска, из угольных пластов (1-го нижнего и 2-го верхнего) было взято 6 ориентированных стволов окаменелых (сидеритизированных) деревьев из класса хвойных. При помощи компаса на торцы окаменелых деревьев наносились метки, ориентирующие их на месте залегания, а также фиксировалось направление на вершину каждого дерева. Затем торцы стволов окаменелых деревьев были отполированы и по меткам ориентировки восстановлены в вертикальное положение к подошве пласта. Вводилась также поправка на тектонический наклон пластов.



↑  
Образцы окаменелых деревьев, по годовым кольцам которых определялся географический меридиан в триасе. Стрелка указывает направление современного географического меридиана

люкса в триасовом периоде, а говорят о его постоянстве по отношению к земной коре, по крайней мере, начиная с триаса и до настоящего времени. Дальнейшее изучение образцов окаменелых деревьев, проведенное в различных частях земного шара, даст, вероятно, исчерпывающий ответ на вопрос — перемещались ли географические полюса в течение геологической истории Земли.

Г. В. Голубков  
Уральское геологическое управление  
(Свердловск)

## ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ ИМЕНИ С. И. ВАВИЛОВА

Президиум Академии наук СССР присудил золотую медаль имени С. И. Вавилова 1965 г. проф. В. А. Фабриканту за выдающиеся работы по оптике газового разряда, в которых впервые были исследованы явления, связанные с отрицательной абсорбцией, и было предложено использование этого явления для усиления света. В начале 30-х годов В. А. Фабрикант, ученик С. И. Вавилова, развернул систематические экспериментальные и теоретические исследования оптических свойств газоразрядной плазмы. В итоге была разработана количественная теория излучения газового разряда, в которой бальмановские концентрации возбужденных атомов рассматривались как предельные. Затем был проанализирован вопрос о возможности получения инвер-

Некоторые деревья были несколько сплюснуты, но, несмотря на это, по хорошо заметным на полированной поверхности годовым кольцам, удалось установить с точностью до 10—15° положение географического меридиана в триасовом периоде. Оказалось, что для всех шести стволов окаменелых деревьев географический меридиан в триасе совпадал с современным (см. рис.). Любопытно, что для большинства исследованных образцов характерно значительное смещение сердцевины дерева в северную сторону.

Таким образом, наблюдения над окаменелыми деревьями из коркинской свиты верхнего триаса не подтвердили данных палеомагнитных исследований о смещении географического по-

лювиях анестезии. Оптический инструмент с двумя пучками гибких проводящих свет стеклянных волокон длиной 2,5 фута и толщиной примерно 1/6 дюйма (менее 5 мм) вводится в сердце через артерию или вену. Основной пучок состоит примерно из 70 тыс. тончайших стеклянных волокон, а по второму подается свет.

Исследователям удалось путем замедленной киносъемки получить изображение движений трех сердечных клапанов, а также внутренних поверхностей трех камер сердца подопытных собак. Для обеспечения надлежащей видимости инструмент снабжен укрепленным на конце небольшим надувным баллончиком, который раздувается и, оттесняя кровь, прилегает к подлежащему съемке участку, освещение которого обеспечивается вторым, меньшим пучком волокон, передающим высокоинтенсивный свет ртутной дуговой лампы.

«New Scientist», v. 26, 1965, № 440,  
p. 243 (Англия)

## РАЗВЕДЕНИЕ МОРСКОЙ РЫБЫ

Ученые Стратклайдского университета создают экспериментальное хозяйство по выращиванию камбалы в Шотландии. Этот проект — лишь часть планов по управлению развитием рыбной промышленности и созданию в Англии крупных хозяйств по разведению морской рыбы, намеченных на далекое будущее. В качестве первого шага предполагается изолировать территории морского залива площадью в пять акров в Арднаморгане в Аргайле, где будет выращиваться молодь камбалы, поставляемая рыбным питомником из Порт-Эрине.

«New Scientist», v. 26, 1965, № 439,  
p. 151 (Англия)

## ПЕРВЫЙ ГОРИЛЛА, РОЖДЕННЫЙ ВО ФРАНКФУРТСКОМ ЗООПАРКЕ

22 июня 1965 г. появился на свет первый горилленок, рожденный на немецкой земле. Так как сама горилла до того никогда еще не

ных населенностей. Впервые было выявлено, что при прохождении излучения сквозь слой среды с инверсной населенностью, благодаря преобладанию процессов вынужденного испускания, будет иметь место не ослабление, а усиление света. При этом были указаны конкретные экспериментальные пути получения инверсной заселенности. Эти идеи получили дальнейшее развитие. Особое внимание было обращено на возможность получения инверсной населенности при помощи оптической накачки с использованием переходов между тремя квантовыми уровнями. Как известно, идея о возможности усиления излучения при прохождении среды с инверсной заселенностью лежит в основе современной квантовой электроники.

Профессор Л. М. Биберман

Москва

## ЛУНА—ПОСТОЯННЫЙ МАГНИТ

Существует ли магнитное поле Луны? Ответ на этот вопрос может, во-первых, пролить свет на внутреннее строение Луны, и, во-вторых, станет ясно, могут ли протоны высоких энергий, содержащиеся в «солнечном ветре», достигать Луны (а это очень важно знать, чтобы обезопасить тех, кто впервые ступит на ее поверхность). Как известно, советский «Лунник-2» послал на Землю данные, согласно которым, если Луна и имеет магнитное поле, то сила его составляет менее 0,25% силы магнитного поля Земли. Эти данные соответствовали современным геофизическим представлениям о структуре Луны. Предполагают, что магнетизм Земли — результат электрических токов, возбуждающихся в ее жидком ядре. Прилагая ту же теорию к Луне, приходится признать, что вероятность существования у нее значительного магнитного поля невелика — Луна слишком мала и жидкое ядро у нее отсутствует.

После обработки данных, полученных при помощи межпланетного аппарата «IMP-1», установлено, что на темной стороне Луны находится зона довольно сильного магнитного поля. Ученые предполагают, что фактически эта зона является частью магнитогидродинамического «следа», получающегося в результате обгибания Луны «солнечным ветром». Для этого необходимо, чтобы сама Луна имела небольшое магнитное поле. «Хвост» должен быть длиной по меньшей мере 150 и шириной 30 лунных радиусов. Дальнейшие расчеты уточняют эти цифры.

Остается открытым вопрос, почему Луна сделалась намагниченной? Возможно такое объяснение: если раньше Луна была жидким телом, то в процессе ее остывания межпланетное магнитное поле могло наделить лунные породы так называемым остаточным магнетизмом. Этот процесс был бы «космическим аналогом» процесса изготовления постоянных магнитов путем охлаждения расплавленных железных образцов во внешнем магнитном поле. Но возможно также, что Луна никогда не была расплавленной и состоит из частиц космической пыли. В этом случае, если Луна была электропроводной, намагничивание могло произойти в результате постепенной перестройки при взаимодействии с током, образуемым солнечным ветром в межпланетном магнитном поле.

«New Scientist», v. 25, 1965 p. 547 (Англия)

имела дела с детенышами, она не знала как к нему подступиться и явно боялась его. Попытки служителей дать ей в руки новорожденного не увенчались успехом: она наотрез отказалась его принять. Чтобы сохранить драгоценное животное, работники зоопарка решили вырастить его как «искусственника» в домашних условиях. Его взял к себе домой один из научных работников, где за ним будут ухаживать как за человеческим младенцем.

«Биография» матери новорожденного, по кличке «Макула», началась весьма трагически. Все семейство, к которому она принадлежала, было убито охотниками в Гвинее. Оставшуюся в живых сиротку привезли во Франкфуртский зоопарк в очень плохом состоянии — в ней тогда едва теплилась жизнь. Заботу о маленьком существе взяла на себя семья директора парка, проф. Б. Гржимека, в которой она прожила шесть лет, пользуясь всеобщей любовью. Теперь она живет в зоопарке в специальном помещении для человекообразных обезьян.

Отец новорожденного, по кличке «Абрахам» — самый крупный и внушительный самец из всех человекообразных обезьян зоопарка. Его привезли в 1957 г. в возрасте двух лет. Несмотря на свой грозный вид и большой вес он до сих пор остался абсолютно ручным и охотно пускается во всякие игры со служителем, который за ним ухаживает.

Рождение маленького гориллы до сих пор остается одним из самых волнующих событий для любого зоопарка. Во всем мире только в двух зоопарках — в США и в Базеле (Швейцария) удавалось выращивать этих редчайших животных, которые в природе стоят уже на грани полного вымирания.

На сегодняшний день Франкфуртский зоопарк единственный в мире, в котором размножаются все четыре вида человекообразных обезьян — шимпанзе, орангутан, бонобо и горилла.

«Zoologischer Garten» от 25 июня 1965 г.  
(Франкфурт-на-Майне)

## ЛЕСНЫЕ ВИТАМИНЫ

### РЯБИНА ОБЫКНОВЕННАЯ

В конце лета и начале осени (для большей части лесной зоны — в августе) созревают первые плоды этого дерева. Период опадения плодов сильно растянут: нередко они висят на дереве несколько месяцев и сохраняются даже зимой. Но обычно их еще до снега поедают и сбивают с веток птицы — дрозды, снегيري, щуры, свиристели, рябчики, тетерева, дятлы.

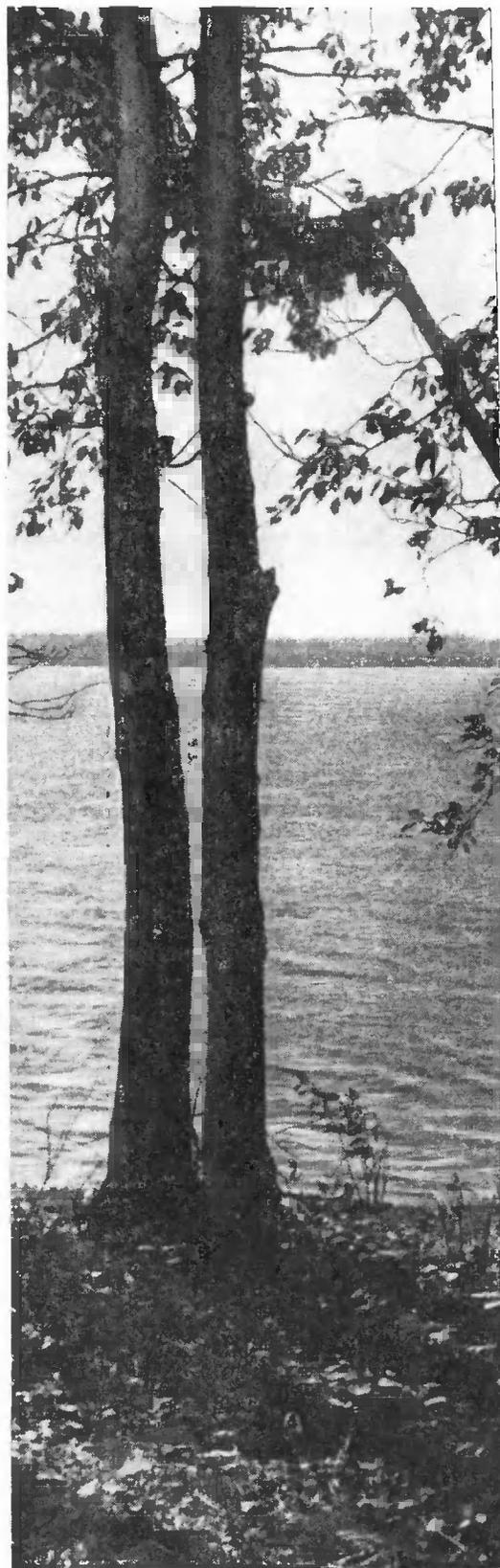
В западной половине лесной зоны на Русской равнине рябина плодоносит лучше, чем на востоке, а в тайге лучше, чем в смешанно-широколиственных лесах. Низка ее урожайность в лесо-

степи (например, в Воронежском заповеднике она резко падает) из-за большой чувствительности рябины к недостатку влаги.

Весовые показатели урожайности плодов рябины обыкновенной, известные по литературе, неоднородны вследствие неустойчивости плодоношения этой породы в отдельные годы. Средняя урожайность наиболее высокоурожайных участков определяется в 500—700 кг (Данилов, 1956), максимальная — в отдельные годы до 1000, 2000 кг с гектара. Урожай плодов с одного дерева определяются в 4—15 кг (Галевич, 1962) и даже в 160—200 кг (Заборовский, 1962).

#### Время созревания плодов рябины обыкновенной

Место наблюдения, автор или наблюдатель	Средние многолетние сроки созревания	Крайние сроки в отдельные годы
Богородицкое, Белгородской обл. Пульман	7. VIII	25. VII—12. VIII
Воронежский заповедник, Воронежской обл. Гоббе, 1958	8. VIII	3. VII—15. VIII
Раифское лесничество Татарской АССР, Напалков	9. VIII	27. VII—24. VIII
Подмосковье. Долгошов, 1947	11. VIII	27. VII—29. VIII
Нерехта, Костромск. обл. Невский, 1961	15. VIII	28. VII—31. VIII
Борисовка, Ярославской обл. Душина, 1961	20. VIII	6. VIII—1. IX
Окрестности Ленинграда. Шамраевский	21. VIII	10. VIII—5. IX
Петрозаводск, Карельской АССР	26. VIII	13. VIII—1. IX
Окрестности Свердловска, Батманов, 1949	26. VIII	21. VIII—14. IX
Усть-Цыльма, Коми АССР. Карабапова	28. VIII	21. VIII—3. IX



Озеро Валдай

### Урожайность плодов рябины обыкновенной

Природная зона, полоса	Место наблюдений	Повторяемость средних, хороших и высоких урожаев (в %)
Северная тайга	Мурманская обл. Кандалакшский заповедник	70
Средняя тайга	Архангельская обл. ст. Обозерская	50
	Архангельская обл. Котласская ЛОС Коми АССР, Печоро-Илычский заповедник	80 50
Южная тайга	Калининская обл., Дарвинский заповедник	70
Полоса смешанно-широколиственных лесов	Вологодская обл., Аргуново	70
	Московская обл., Подмоскowie	60
Лесостепь	Татарская АССР, Раифское лесничество	60
	Курская обл., Центрально-Черноземный заповедник	50
	Воронежская область, Воронежский заповедник	30

### БРУСНИКА

Когда художница-осень начинает раскрашивать леса и поля в желто-красные цвета, а золотые монетки листьев березы осыпаются на землю — появляются первые зрелые ягоды брусники. По утрам уже бывают заморозки, но днем солнце светит ярко, и на верхушках стеблей грозди ягод брусники красными бочками повернуты к солнцу.

Рядом с ярко-красными листьями черники и земляники, опадающими на зиму, листья брусники кажутся почти не тронутыми дуновением осени. Такими жесткими, темно-зелеными с глянцевитым блеском они и уйдут под снег, чтобы весной как ни в чем не бывало снова появиться среди прелой прошлогодней листвы, радуя глаз зеленой свежестью. Цветет брусника с середины мая до начала июля на всей Европейской части Союза. В отдельные годы при сухой и жаркой погоде период цветения короче, при прохладной и дождливой погоде — дольше, иногда до двух месяцев. Цветы ее похожи на маленькие бело-розовые колокольчики. Невысокий вечнозеленый кустарничек из семейства брусничных широко распространен по земному шару. Его можно встретить в лесах Северной Америки, Средней и

Северной Европы, до Апеннин и Пиренеев на юге.

В СССР южная граница распространения брусники совпадает с южной границей сосны. Много брусники на Урале, Кавказе, Алтае, в горах Сибири. Даже на высоте 3000 м можно встретить бруснику. Северная граница ее распространения доходит до самых берегов Ледовитого океана. Встречается брусника и на поляр-

ных островах Вайгаче и Новой Земле.

Растение нетребовательно к почвам, поэтому оно растет повсюду: на сухих песчаных, супесчаных почвах, на высохших торфяниках. Иногда бруснику называют боровикой — в разреженных сосновых лесах, на вырубках она дает самые высокие урожаи. С одного гектара в сосняках-брусничниках в урожайные годы можно собрать не менее 500 кг этой вкусной ягоды. Максимальные урожаи в особо благоприятных условиях дают от 1500 до 3000 кг с 1 га. Опыляется брусника насекомыми, хотя может размножаться и вегетативным путем. Широкий ареал брусники обусловил значительную разницу в сроках созревания ее первых плодов.

Вследствие растянутого цветения плоды у брусники созревают менее дружно, чем у быстро отцветающих черники и голубики. В Воронежской области и Белоруссии зрелые ягоды появляются уже в конце июля. Если задаться целью собирать первые урожаи брусники, то от Воронежа на Север можно ехать целый месяц. В Московской области первый урожай можно собирать в начале августа. В центре Кольского полуострова, в Мурманской области, — только с 25 августа. Интересен такой факт: даже на одной широте первые ягоды брусники созревают в разные сроки. В сухой и солнечной Якутии можно собирать первый урожай уже в начале августа, а на побе-

### Сроки созревания (первых плодов брусники на территории Русской равнины

Место наблюдений, автор или наблюдатель	Средние многолетние сроки наблюдений	Крайние сроки в отдельные годы
Смоленская обл. Эткин, 1931	2. VIII	28. VII—40. VIII
Подмосковье, Долгошов, 1947	4. VIII	26. VII—23. VIII
Свердловская обл. Батманов, 1949	5. VIII	20. VII—24. VIII
Новгородская обл. Мантейфель, 1949	8. VIII	24. VII—24. VIII
Кировская обл. Шернях, 1938	9. VIII	29. VII—23. VIII
Борисовка, Ярославская обл. Думкина	11. VIII	—
Вологодская обл. Масленников	12. VIII	21. VII—5. IX
Печоро-Илычский зап. Коми АССР. Семенов-Тянь-Шанский, 1955	20. VIII	30. VII—2. IX
Шенкурск, Архангельская обл. Рупышев	22. VIII	5. VIII—7. IX
Лапландский зап., Мурманской обл. Семенов-Тянь-Шанский, 1947	25. VIII	6. VIII—5. IX

### Сроки зацветания брусники на Европейской территории Союза

Место наблюдений, автор или наблюдатель	Средние многолетние сроки	Крайние сроки в отдельные годы
Брянск, БССР. Казанский, 1941	29.V	
Белый, Калининской обл. Долгошов	31.V	15.V—17.VI
Подмосковье. Долгошов, 1947	1.VI	22.V—12.VI
Кировская обл. Шерпин, 1958	2.VI	15.V—21.VI
Свердловская обл. Батманов, 1949	3.VI	19.V—20.VI
Никольск, Вологодской обл. БСТ	8.VI	24.V—10.VI
Шенкурск. Архангельской обл. Рупышев	16.VI	6.VI—24.VI
Усть-Цыльма. Коми АССР. Коробанова	20.VI	3.VI—20.VII
Лапландский запов., Мурман. обл. Семенов-Тян-Шанский	28.VI	17.VI—5.VII

режье холодного Охотского моря — в Магадане — через месяц, только с 1 сентября.

Плоды брусники висят на растениях очень долго, постепенно опадая, вплоть до поздней осени. Нередко ягоды зимуют на ветвях и остаются вполне съедобными до следующей весны.

Хорошие урожаи брусники бывают далеко не ежегодно. Начиная с 1948 г. на Русской равнине в 1950, 1959, 1962, 1963 гг. на большей части ее ареала отмечались неурожаи. Зато 1952, 1955, 1956, 1957 годы были урожайными; самым урожайным из них был 1952 год, а самым неурожайным — 1959 год.

Период созревания ягод брусники очень растянут, поэтому часто случающиеся в это время заморозки губительно влияют на ее урожаи. Сильно снижает урожаи и летняя засуха. За десятилетний период наиболее часто повторялись хорошие и высокие урожаи в западных районах северной, средней и южной тайги, реже — в полосе смешанно-широколиственных лесов и островных лесах лесостепи.

Ягоды брусники — сладкие, сахара в них больше, чем в ягодах черники и голубики. Кроме того, в них содержится бензойная кислота, которая способствует долгому хранению ягод. Листья и ягоды брусники собирают в лекарственных целях. Ими питаются многие птицы, особенно боровая дичь, а весной перезимовавшие ягоды охотно поедают животные: медведь, заяц-беляк и др.

довольно поздно, только в начале осени, через 70—80 дней после начала цветения. Созревшие плоды висят на кустах довольно долго, иногда несколько месяцев, частично зимуют. Опавшие ягоды охотно поедают птицы и зверьки.

Калина дает устойчивые урожаи, особенно в сравнении со многими древесными породами, более устойчивые, чем культурные плодовые деревья — груша, яблоня и т. д.

Практически полные неурожаи у калины очень редки. Самое высокое плодоношение отмечается в западной половине полосу смешанно-широколиственных лесов и лесостепи, к востоку оно падает и значительно понижается в таежной зоне.

### КАЛИНА

Первые плоды калины созревают в Центральных областях Европейской территории Союза

Начало заметок о ягодах («Лесные витамины») см. в журнале «Природа», 1965 г., № 7.

#### Средние и крайние сроки созревания первых плодов калины обыкновенной за многолетний период

Место наблюдений, автор или наблюдатель	Средние многолетние сроки	Крайние сроки за отдельные годы
Сергиевск, Куйбышевск. обл., Пличин	21.VIII	3.VIII—4.IX
Подмосковье. Долгошов, 1949	30.VIII	17.VIII—16.IX
Нерехта, Костромск. обл. Невский	30.VIII	—
Борисовка, Ярославской обл. Душина	11.IX	30.VIII—24.IX
Калязин, Калининской обл. Галахов, 1949	12.IX	—

#### Урожайность плодов калины обыкновенной в различных природных зонах Русской равнины (по шкале Капнера за 1950—1959 гг.)

Природная зона, полоса	Место наблюдений	Повторяемость, средних, хороших и высоких урожаев (в % случаев)
Северная тайга	Архангельская обл., ст. Обозерская	60
	Вологодская обл., Аргунов	90
	Полоса смешанно-широколиственных лесов	90
Лесостепь	Татарская АССР, Раифское леснич. УССР. Черкасская обл., Звенигородка	70
	Воронежская обл., Воронежский заповедник	100

В. В. Барыкина  
Институт географии АН СССР (Москва)

## НОЧНОЙ МИРАЖ НА БАЙКАЛЕ

Воздух над Байкалом часто бывает очень чист и прозрачен. Живя подолгу в 1948—1957 гг. на Байкальской лимнологической станции, в поселке Лиственничном, я легко разглядывал простым глазом белые «дымки» из паровозных труб на железной дороге, проходящей по противоположному берегу озера вдоль темно-синего подножья горных склонов Хамар-Дабана. По ночам из Лиственничного, с соседнего мыса, ясно видны светящиеся точки электрических фонарей на железнодорожной станции Танхой за озером. Ширина Байкала против Лиственничного превосходит 35 км.

Но однажды, 16 сентября 1957 г., мне удалось наблюдать необычайное явление. Я возвращался в Лиственничное на катере вдоль северо-западного берега Байкала после исследований в районе о-ва Ольхона. Накануне вдоль Байкала дул сильный юго-западный ветер, называемый култуком. Но возвращались мы при затихшей погоде. К вечеру совсем заштилело. В пути нас застигла ночь, и мы остановились до следующего утра на рейде против села Голоустного. Ночь выдалась очень темная, так как небо сплошь затягивали высокие слоистые облака. Стояла полнейшая тишина. Выйдя в начале ночи на палубу, я увидел поразительное зрелище: передо мною, совсем близко, на расстоянии не более 1 км, над озером, как бы по воздуху проходил в западном направлении пассажирский поезд. В действительности он находился на противоположном берегу Байкала, т. е. на расстоянии 50 км.

Призрачный поезд шел совершенно беззвучно. Никакого шума и стука колес, разумеется, нельзя было расслышать на таком большом расстоянии. Черная ночь и безмолвие подчеркивали таинственность явления. Собственно говоря, сам поезд, т. е. паровоз и вагоны, не был виден. Отчетливо различались освещенные окна в виде больших прямоугольников. В некоторых из них были заметны силуэты людей. Группы светящихся окон разде-

лялись более широкими темными промежутками, так что можно было сосчитать вагоны. Поезд казался ночным привидением. На несколько минут он остановился. По-видимому, это была станция Боярская. Затем воздушный поезд отправился дальше — к Танхою.

Одной прозрачностью воздуха нельзя объяснить видимость окон в вагонах поезда и человеческих силуэтов на расстоянии 50 км. Призрачный поезд над Байкалом — это несомненно ночной мираж, вызванный особым состоянием нижних слоев воздуха и соотношением их с водной поверхностью озера. Вероятно, подобные ночные миражи на морях давали повод для возникновения старинных легенд о «воздушных кораблях».

Ночные миражи случаются гораздо реже дневных. На Байкале дневные миражи часто наблюдаются в тихую летнюю погоду, когда озеро не шелохнется и ярко блестит или, как говорят местные жители, «лоснится» под солнечными лучами. Эти миражи состоят большей частью в том, что далекие мысы на берегах озера как бы приподнимаются над водой и повисают в воздухе. Иногда какая-нибудь плавающая в отдаленности птица увеличивается в размерах до того, что ее можно принять за большую лодку. Такой обман зрения приводит к недоразумениям, которые разъясняются только спустя некоторое время. Все подобные явления называются на Байкале голумешью. Например, про мысы, поднятые над водой в воздух, говорят, что они голумешаются.

*В. В. Ламакин*  
Москва

### В НОМЕРЕ:

**Книги.** Кибернетика в познании природы и общества (сб. «Кибернетика, мышление, жизнь»). Ю. А. Петроз (110).

Знаменитый изобретатель (Л. Д. Белькинд. Томас Альва Эдисон). А. С. Федоров (111). Богатства северных морей (Б. П. Мантейфель «Живое серебро»). Е. И. Ильин (112). Естествознание космического века (Земля во Вселенной). В. А. Галжк, И. Б. Новик, М. С. Служкий (114). Грубое искажение основ кристаллографии (П. С. Вадило, Кристаллизация металлов). И. И. Шафрановский, В. А. Франк-Каменецкий (116). Коротко о книгах (23, 35, 60, 96, 103)

**Новости, события, факты:** Семь искусственных спутников за два дня (117). Соединение поврежденных хромосом (117). Карманный кардиограф (117). Нерешенные проблемы астрофизики. М. А. Корец, З. Л. Пониловский (118). Солнце — «метла» для космических лучей. Л. И. Мирошниченко (118). Метеорологическая ракета «Метеор» (119). Конференция молодых кибернетиков. Ю. Ф. Тарнорудер (120). Загадка Плутона (120). Новый каучук (120). Биологическое действие магнитных полей. Научная конференция в Томске. Ю. А. Холодов (121). Торфо-лигнинные удобрения (121). Электронное кольцо, связанное с взаимодействием галактик (121). Географические полюса и окаменелые деревья. Г. В. Голубков (122). Фотографирование живого сердца (122). Золотая медаль имени С. П. Вавилова. Л. М. Биберман (123). Разведение морской рыбы (123). Первый горилла, рожденный во Франкфуртском зоопарке (123). Луна — постоянный магнит (124).

**Заметки, наблюдения.** 300-летний куст винограда. А. Д. Матиашвили (69). Стап анстов. С. В. Шостак. (74).

**Календарь природы.** Лесные витаминны. Рябина обыкновенная. Брусника. Калина. В. В. Барыкина (125). Ночной мираж на Байкале. В. В. Ламакин (128).

Художественный редактор Э. К. Тарасенко

Технический редактор Д. И. Флейшман

АДРЕС РЕДАКЦИИ: Москва, Ж-127, ул. Осипенко, 52, тел. В 1-76-80

Подписано к печати 1/IX 1965 г.  
Уч.-изд. л. 13,39

Т-12516

Бум. л. 4

Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>

Тираж 24000 экз.

Печ. л. 13,12+3 вклейки  
Заказ 2728

## ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Со второго полугодия 1965 г.  
в Издательстве «Наука»  
выходит новый журнал  
Академии наук СССР

# ГЕНЕТИКА

(Индекс 70214)

В журнале «Генетика» публикуются оригинальные экспериментальные работы по генетике растений, животных, микроорганизмов, по молекулярной и теоретической генетике, по теории селекции. Кроме оригинальных научных статей в каждом номере печатаются сообщения о новых штаммах полезных форм микроорганизмов, новых методиках, хозяйственно-ценных мутантах растений, о новых сортах растений, породах животных и генетических линиях лабораторных животных и насекомых.

Значительное место в журнале находит широкая информация о наиболее интересных открытиях в генетических лабораториях, о новых книгах по генетике, излагается содержание очередных номеров ведущих генетических журналов. Печатаются также материалы, посвященные знаменательным событиям в генетике, статьи о видных ученых-генетиках.

Журнал «Генетика» предназначен для биологов и, главным образом, для специалистов-генетиков, работающих в самых различных областях генетики и селекции, а также для аспирантов и студентов.

Объем журнала — 12 печ. листов, периодичность — 12 номеров в год. В 1965 г. выйдет 6 номеров журнала

## ПОДПИСНАЯ ЦЕНА

На год — 18 руб.;

на 6 месяцев — 9 руб.

Цена одного номера —

1 р. 50 к.

Подписка принимается с очередного месяца во всех пунктах подписки «Союзпечати», отделениях связи, городских и районных узлах связи, почтамтах, а также магазинами и конторой «Академкнига» по адресу: Москва, Центр, Б. Черкасский пер., 2/10.

«АКАДЕМКНИГА»

70 коп.

Индекс 70707

10 37

нейтрино в сек.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»